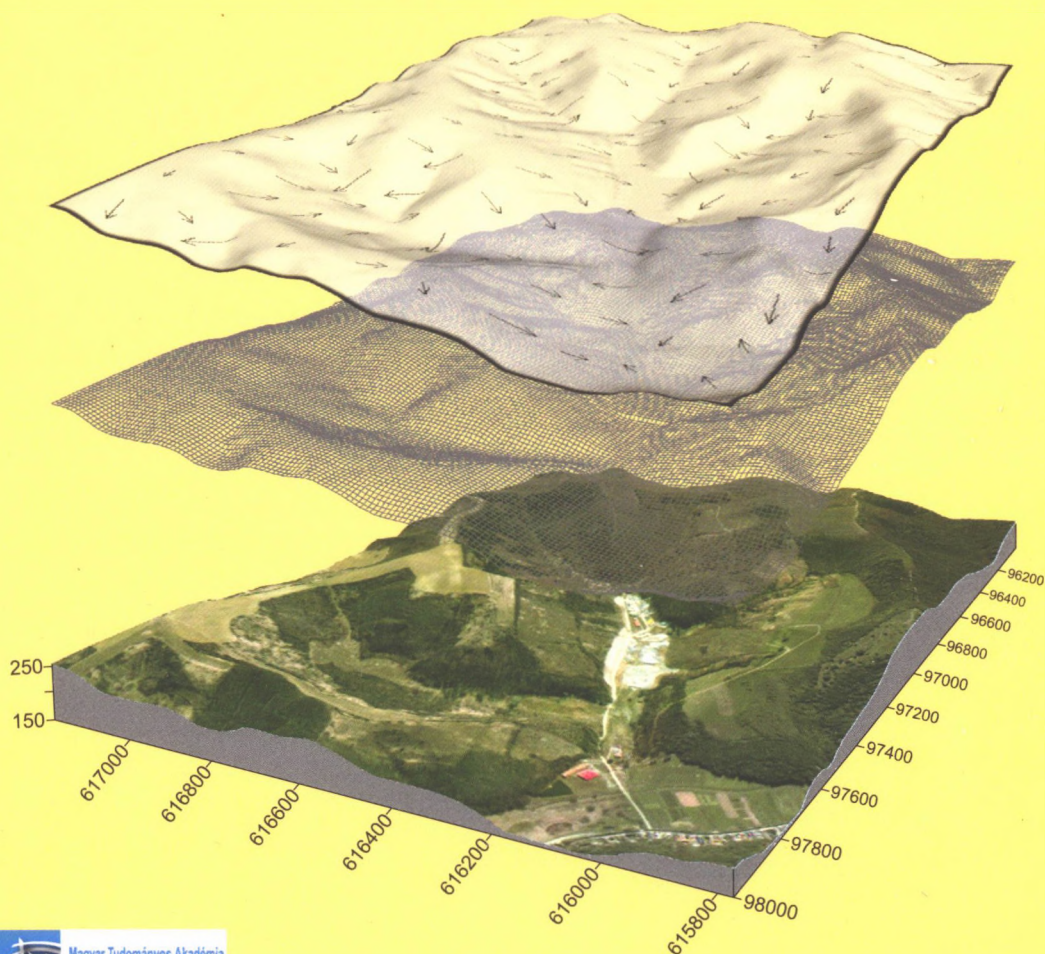


A BÁTAAPÁTIBAN ÉPÜLŐ NEMZETI RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓ KÖRNYEZETFÖLDRAJZI VIZSGÁLATA

Szerkesztette:
SCHWEITZER FERENC – BÉRCI KÁROLY – BALOGH JÁNOS



**A BÁTAAPÁTIBAN ÉPÜLŐ NEMZETI
RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓ
KÖRNYEZETFÖLDRAJZI VIZSGÁLATA**

Magyar Tudományos Akadémia
Földrajztudományi Kutatóintézet

A BÁTAAPÁTIBAN ÉPÜLŐ NEMZETI RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓ KÖRNYEZETFÖLDRAJZI VIZSGÁLATA

Szerkesztette:

SCHWEITZER FERENC–BÉRCI KÁROLY–BALOGH JÁNOS



Budapest, 2008

A KÖTET SZERZŐI

1. fejezet: BALOGH JÁNOS, KOVÁCS ANIKÓ
2. fejezet: SCHWEITZER FERENC
3. fejezet: BALOGH JÁNOS, JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN
4. fejezet: TINER TIBOR
5. fejezet: JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN, MADARÁSZ BALÁZS
6. fejezet: BALOGH JÁNOS, SCHWEITZER FERENC
7. fejezet: BALOGH JÁNOS, SCHWEITZER FERENC
8. fejezet: BALOGH JÁNOS, JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN, TINER TIBOR
9. fejezet: BALOGH JÁNOS, JAKAB GERGELY, MÉSZÁROS ERZSÉBET, SZEBERÉNYI JÓZSEF
10. fejezet: BÁDONNYI KRISZTINA, TÓTH ADRIENN
11. fejezet: BALOGH JÁNOS, BALOGHNÉ DI GLÉRIA MÁRIA, JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN
12. fejezet: BALOGH JÁNOS, JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN
13. fejezet: JAKAB GERGELY, SZALAI ZOLTÁN
14. fejezet: BALOGH JÁNOS, SCHWEITZER FERENC, VICZIÁN ISTVÁN
15. fejezet: SZALAI ZOLTÁN, NÉMETH TIBOR
16. fejezet: BÉRCI KÁROLY

Lektorálta: MAROSI SÁNDOR

KOVÁCS ANIKÓ, SZEBERÉNYI JÓZSEF

A kötet elkészítésében közreműködtek: CSAPKÁNÉ LACZKÓ MARGIT, KAISER MIKLÓSNÉ,
KOVÁCS ANIKÓ, MÉSZÁROS ERZSÉBET, MOLNÁR MARGIT, POÓR ISTVÁN

Minden jog fenntartva: a szerzők, az RHK Kft és a kiadó hozzájárulása nélkül sem a könyv egésze, sem részei semmilyen módon nem sokszorosíthatók, beleértve a fénykép, a xerox és egyéb reprodukciós módszereket is.

© SCHWEITZER FERENC MTA FKI igazgató, témavezető

Nyomdai munkálatok: MACKENSEN Kft.

ISBN 978-963-9545-23-6
ISSN 0139-2875

TARTALOM

Ajánló.....	9
Bevezetés.....	11
1. Földrajzi helyzet, általános jellemzés.....	15
2. A vizsgált terület geomorfológiai fejlődéstörténete	18
3. Éghajlati-hidrológiai viszonyok	21
3.1. Csapadékmérés.....	22
3.2. A talajnedvesség mérése	26
3.3. Felszíni elfolyás.....	28
3.4. A domborzati tényezők és a hidrometeorológiai adottságok összefüggései	28
3.5. A Nagymórágyn-völgy és környezetének vízrajza.....	31
4. Az erdőállomány jellemzői	33
5. A Nagymórágyn-völgy és környezetének talajtípusai	35
5.1. A terület talajgenetikai fejlődéstörténete.....	36
6. Domborzati formák	39
6.1. Tetőszintek, tetőhelyzetű gerincek, völgyközi háta.....	40
6.2. Eróziós völgyek.....	41
6.3. Eróziós-deráziós völgyek.....	42
6.4. Deráziós völgyek	43
6.5. Eróziós vízmosások, aszóvölgyek, mélybarázdák.....	45
6.6. Deráziós fülkék	46
6.7. Lejtőpihenő.....	47
6.8. Csuszamláshalmaz	49
6.9. Vízválasztó nyereg – deráziós nyereg	49
6.10. Lejtőtípusok.....	50
6.11. Csuszamlásveszélyes lejtők.....	50
6.12. Antropogén formák.....	50
7. Lejtőkategóriák és lejtősődés	53
7.1. Reliefeenergia (domborzattagoltság).....	57
7.2. Felszabdaltsági viszonyok	60

8. A talajpusztulás felszínalakító szerepe	63
8.1. A lineáris erózió hatásai	64
8.2. Kiegészítő geodéziai mérés	66
8.3. A vizsgált terület talajainak erodáltsága és a területhasználat	68
8.4. A Nagymórági-völgy és közvetlen környékének földtulajdon viszonyai	70
9. Háromdimenziós digitális terepmodell és alkalmazási lehetőségei a Hilda-völgy területére.....	73
10. A Hilda-völgy geoökológiai vizsgálatának értékelése	82
11. Talajeróziós vizsgálatok esőszimulátorral	90
11.1. A Pannon R-02 esőszimulátor	91
11.2. A szimulált eső tulajdonságai	93
11.2.1. Az alkalmazott mesterséges eső intenzitása.....	93
11.2.2. A szimulált eső cseppösszetétele.....	93
11.2.3. Cseppsebesség a Pannon R-02 esőszimulátornál	94
11.3. Az esőterhelés, a talajba való beszivárgás és a lefolyás mérése	95
11.4. A Pannon R-02 esőszimulátor alkalmazása Bácsaapáti térségében...	96
11.4.1. Telepítés	96
11.4.2. Az esőterhelés és lefolyás mérése	96
11.5. Talajok víznyelő- és vízáteresztő-képességének vizsgálata esőszimulátorral	98
11.6. A talajelhordás mennyiségének vizsgálata	101
11.7. A „K” erodálhatósági tényező meghatározása.....	103
12. Talajerózió mérése parcellákon.....	105
12.1 Előzmények	105
12.2. Méréstechnika	106
12.3. Mérési eredmények	108
12.3.1. Csapadékmérés.....	109
12.3.2. A talajnedvesség mérése.....	110
12.3.3. Felszíni elfolyás.....	111
12.3.4. Az erodálhatóság meghatározása	113
13. Talajeróziós modellezés a MEDRUSH modell alkalmazásával	116
14. Bácsaapáti magasparti területeinek tömegmozgásai és a partvédelem műszaki megoldásainak lehetőségei	122
14.1. Magaspartvédelmi módszer kiválasztása	126

14.1.1. Dombvidéki vízrendezés a magaspart irányába összegyülekező csapadékvizek elvezetése céljából.....	127
14.1.2. Meredek omlásveszélyes partszakaszok lépcsőzése.....	128
14.1.3. A magaspart felszínének erősítése növényzettel	128
14.1.4. A magaspart falának védelme betételes talajerősítéssel....	130
14.1.5. Súlytámfalak (kő- és vasbetontámfalak) építése földtömegek megtámasztására	131
14.1.6. A magaspart-védelem összetett módszerei	131
14.2. Javaslat a magaspartfalak minősítésére.....	132
15. Nehézfém feldúsulás vizsgálata a Nagymórággyi-völgyben	135
15.1. A patakmeder környezetének általános jellemzése	136
15.2. A patakmedrekből nyert üledékminták ásványtani sajátosságai ..	139
15.3. A patakmeder-üledékminták TOC és CaCO_3 tartalma	151
15.4. Az arzén és a bárium akkumulációja a Nagymórággyi-völgy mederüledékeiben.....	151
15.5. Az arzén és a bárium helyi felhalmozódásainak összefoglaló értelmezése	158
16. A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kialakítása és biztonsága.....	160
16.1. A felszíni telephely és létesítményei	162
16.2. A felszíni telephely mérnökgeológiai viszonyai	164
16.2.1. Talajfeltárás, laboratóriumi vizsgálatok.....	164
16.2.2. Feltöltés zúzott gránitból.....	169
16.3. A felszín alatti létesítmény kialakítása.....	169
16.3.1. Megközelítő/szállító vágatok.....	170
16.3.2. Tárolókamrák	172
16.4. A létesítmény üzemeltetése	173
16.5. A biztonsági elemzés eredményeinek értékelése	175
Felhasznált irodalom	180
Mellékletek	185

Kedves Olvasó!

Az elmúlt évtizedben egyre tudatosabbá vált az a felismerés, hogy a radioaktivitás a természetes emberi környezet része, és ezzel együtt globálisan kell szemlélni a radioaktív hulladékok kérdését is. Világszerte mind inkább felismerik a hulladék elhelyezés szélesebb összefüggéseit. A nemzetközi tesztelekben és azon kívül zajló viták nyilvánvalóvá tették, hogy figyelmet kell szentelni olyan kérdéseknek is, mint pl. a fenntartható fejlődés, amely nagyon széles körű társadalmi kérdés, és amely az energiatermelés és -felhasználás, valamint a hulladékkezelés átfogó vizsgálatát teszi szükségessé. A fenntartható fejlődés radioaktív hulladék kezelésére vonatkozó elvei szerint a döntéseket a lehető legjobb tudományos információk és a kockázatok elemzésének bázisán kell meghozni. Amennyiben a becsült bizonytalanságok és a potenciális kockázatok jelentősek, akkor elővigyázatossági intézkedések válhatnak szükségessé. Ezen kívül figyelembe kell venni az ökológiai hatásokat, különösen akkor, ha ezek a hatások irreverzibilisek lehetnek.

Magyarországon az atomerőművi eredetű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló tevékenységek az 1980-as évek végére nyúlnak vissza. Egy, a végleges elhelyezésre szolgáló tároló létesítmény kialakításával kapcsolatos törekvések a Baranya megyei Ófalu térségében ebben az időben – elsősorban lakossági támogatás hiányában – kudarcba fulladtak.

Miután az Atomerőmű üzemeltetése feltétlenül megkövetelte egy új tároló létesítmény kialakítását, 1993-tól – egy tárcaközi program keretében – újraindultak a telephely kijelölésére irányuló kutatások. Az első szakasz 1996 végére fejeződött be. Ennek feladata a kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésére alkalmas körzet kijelölése volt. Országos szűrés eredményei alapján kétféle elhelyezéssel számoltak: felszíni elhelyezésre löszképződményeket vizsgáltak a Mezőföldön és a Hegyháton, felszín alatti elhelyezés céljából a Mórággy-rög gránitját tanulmányozták. A szakemberek az utóbbit ítélték kedvezőbbnek. 1997 elején az Országos Atomenergia Bizottság a Tolna megyei Bátaapáti község területére eső Üveghuta környékét jelölte ki felszín alatti elhelyezésre tovább kutatandó körzetként. Nem elhanyagolható szempont, hogy a tároló létesítését ebben a körzetben támogatta leginkább a lakosság.

A 2002–2003-ban lezajlott felszíni földtani kutatás alapján a Magyar Geológiai Szolgálat Dél-dunántúli Területi Hivatala meghozta a telephely földtani alkalmasságáról szóló határozatát: „A telephely földtani alkalmasságát a rendelkezésre álló adatok alapján bizonyítottanak tekintem”.

2005. február 8-án Bátaapátiban ünnepélyes keretek között kezdődött meg a felszín alatti kutatási program, amely a tároló létesítését volt hivatott megalapozni.

2007 októberében a Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség kiadta a tároló létesítéséhez elengedhetetlen Környezetvédelmi engedélyt.

A Bátaapáti folyó kutatások pénzügyi forrása a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap, a munkákat társaságunk, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. irányítja. A vizsgálatok során hatalmas mennyiségű adat és információ keletkezett, amelyeket sok száz jelentésben ismertettek a kutatók. Ezek nélkülözhetetlenek a teljes körű szakmai értékelésekhez és az engedélyezési eljárásokhoz, ugyanakkor túlságosan is részletesek és terjedelmesek az érdeklődő szakemberek igényeihez képest. Ezért is üdvözlendőek azok a közérthetően megírt, tartalmasan illusztrált kiadványok, amelyek a tudományos ismeretterjesztés igényességével ismertetnek egy-egy fontos szakmai részterületet. Örömrökre szolgál, hogy egy értékes könyvhöz a szükséges szakmai háttéranyagokat a szerzők rendelkezésére bocsáthattuk.

Az a könyv, amelyet Ön most a kezébe vesz, bemutatja a tároló és környékének természetföldrajzi adottságait, sajátosságainak részleteit, a felszínfejlődés jellemzőit és foglalkozik a várható változások előrejelzésével is.

Mindenkinek jó szívvel ajánlom ezt a könyvet, amelynek elolvasása után azok, akik még nem jártak az épülő tároló környékén, biztosan kedvet kapnak egy látogatásra.

DR. HEGYHÁTI JÓZSEF
ügyvezető igazgató
Radioaktív Hulladékokat Kezelő
Közhasznú Nonprofit Kft.

Bevezetés

A természeti tájakat, ill. azokon belül egyes tájtypusokat a társadalom mindig racionálisan igyekszik hasznosítani. A gazdasági fejlődés jelenlegi fokán nem kerülhető el jelentős mennyiségű, ma még hasznosíthatatlannak ítélt hulladék képződése. A jövőben egyre gyakrabban fognak jelentkezni olyan problémák, amelyeket a természet lehető legkisebb károsodásával és a társadalmi érdekek maximális előtérbe helyezésével kell megoldani.

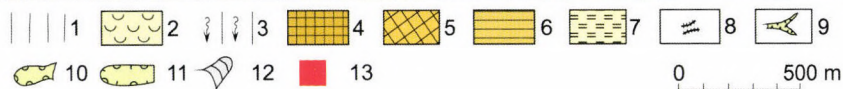
Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetének munkatársai már 1988-ban bekapcsolódtak a Baranya megyei Ófalu környezetében tervezett felszíni kis és közepes radioaktív hulladék lerakóhely területének átfogó kutatásába, amely egyaránt magába foglalta széleskörű természetföldrajzi (geomorfológiai, vízföldrajzi, talajtani, meteorológiai stb.), valamint gazdaság- és társadalomföldrajzi környezetének komplex vizsgálatát (BALOGH J.–SCHWEITZER F.–TINER T. 1990).

1989-ben az ófalui felszíni lerakóhely kivitelezési és kutatási területe a Baranyai-dombság tájegységbe beépülő Geresdi-dombság kistáj határain belül helyezkedett el, az Ófalu–Feked–Véménd közötti, eróziós völgyekkel felszabdalt, tetőhelyzetű, nagyüzemi mezőgazdasági művelésre alkalmatlan, Harsányi-kereszt dombtető nevű erdős területen.

Az akkor elvégzett geomorfológiai, hidrogeográfiai és eróziós vizsgálatok rámutattak, hogy a 30–50 m vastag lösszel fedett domborzat változó kiterjedésű, amely 50–200 m széles, lepusztulásból kimaradt löszhátakból, völgyközi hátakból, eróziós folyamatok hatására kiformált lapos, tál alakú eróziós völgyekből, továbbá deráziós lépcsőkből, valamint erózióval átformált eróziós völgyekből áll (SCHWEITZER F. 1992; SCHWEITZER F.–TINER T. szerk. 1996) (1. ábra).

Az ófalui mellett még több, felszíni elhelyezésre alkalmasnak látszó terület vizsgálatára került sor (pl. Paks, Németkér, Udvari, Diósberény), de az optimálistól eltérő vizsgálati eredmények miatt a szakemberek valamennyit elvetették. 1993-ban országos földtani kutatási program indult a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges felszíni és felszín alatti elhelyezésére, mivel a geológiaiailag legalkalmasabb kőzettest kiválasztása sokoldalú földtani kutatást igénylő, szakmailag rendkívül összetett feladat. Végül e célra az Ófalutól alig 10 km-re ÉK-re fekvő, Tolna megyei Bábaapáti község külterülete bizonyult alkalmasnak. Ily módon a döntéshozók a Mórággyi-rög gránitjában történő, felszín alatti radioaktív hulladék-elhelyezés mellett döntöttek.

A Geresdi-dombság domborzatának dinamikai alkalmasság-vizsgálatai (a lejtőssodés, a reliefenergia és a felszabdaltság, a tömegmozgásos, eróziós viszonyok vizsgálata) alapján ugyanis egyértelműen bebizonyosodott, hogy a kistáj felszínének nincs olyan része, amely alkalmas lenne kis és közepes radioaktivitású hulladékok felszíni elhelyezésére. Ezt a tudományos eredményt a leendő lerakóhely tágabb környezetére vonatkozóan elkészített geomorfológiai térkép tartalma is alátámasztja (2. ábra).



1. ábra. Ófalu környezetének geomorfológiai térképe. – 1 = stabil lejtő; 2 = régi csuszamlásos felszín (csuszamlásveszélyes lejtő); 3 = barázdás eróziós lejtő; 4 = alacsony fennsík (250–300 m a tszf.); 5 = alacsony gerinc (200–250 m a tszf.); 6 = völgyközi hát (230–280 m a tszf.); 7 = lejtőpihenő; 8 = nyereg; 9 = eróziós vízmosás (1–5 m), eróziós árok (5–10 m); 10 = derázós völgy; 11 = eróziós-derázós völgy; 12 = csuszamlások halmaza; 13 = tervezett lerakóhely

Hasonló megfontolások alapján született a döntés a konkrét helyszínre vonatkozóan. Nevezetesen, a paksi atomerőmű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékainak végleges, felszín alatti elhelyezésére egy olyan, a közigazgatási területére eső paleozoós alaphegységre települt dombsági felszíndarabot választottak ki, amely a településhez tartozó Nagymórággyi-völgyben (Üveghuta) található (BALLA Z. 2000).

A kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésének földtudományi megalapozásához nélkülözhetetlen volt a kijelölt helyszín és környezete felszínalaktani vizsgálata, a terület várható fejlődéstörténetének értelmezése. Ennek érdekében került sor a tervezett üveghutai felszín alatti létesítmény környezetének geomorfológiai jellemzésére és tematikus domborzatminősítésére.

Az atomerőművi hulladékok biztonságos elhelyezésére irányuló kutatásokba bekapcsolódó Földrajztudományi Kutatóintézet vizsgálataiban kiemelt szerepet kapott a Nagymórággyi-völgy komplex geomorfológiai, geoökológiai kutatása, a terület talajpusztulási és talajeróziós viszonyainak feltárása. E kutatási program keretében készült el a Nagymórággyi-völgy vízgyűjtő területére vonatkozó tematikus geomorfológiai térképsorozat, amely a kiválasztott hulladéktároló hely hosszú távú biztonságos működése érdekében ábrázolja a völgy és környezete felszíni változásainak sajátosságait (BALOGH J. et al. 2003; BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2003; SZALAI Z. et al. 2005).

A Nagymórággyi-völgy vízgyűjtőjén végzett természetföldrajzi vizsgálatok a felszíni domborzati formák kapcsolatát, törvényszerűségeit és összefüggéseit, az esetleges felszínmozgásos és szuffúziós folyamatokat, az eróziós állapotokat és lejtőtípusokat elemzik. A térképek közül a kutatás során Nagymórággyi-völgy vízgyűjtőterületét 1: 5000 ma., a mellékvölgyként hozzácsatlakozó Hildavölgyben az átmeneti föld- és gránitdepóniák tervezett helyét olyan 1: 2000 ma. tematikus térképen dolgoztuk fel, amelyekre vonatkozóan geomorfológiai és geoökológiai vizsgálatok készültek. Felmértük a terület jelenlegi földhasznosítását és tulajdonviszonyait is (TINER T. 2003).

A kutatási terület geomorfológiai térképe ábrázolja és magyarázza a domborzati formákat, völgyeket, minősíti a meredek és/vagy erősen szabdalt lejtőket, a fosszilis és aktív csuszamlásos és csuszamlás-veszélyes lejtőszakaszokat, amelyek befolyásolhatják a vágatok, tárok kialakítását és védelmét, a vízfolyások – köztük időszakosak – eróziós, völgymélyítő és völgytagító szerepét, a gránitot jellemzően fedő lösz- kőzetliszt összlet takarta felszín morfológiai formáit. A lejtőkategória térkép a felszín lejtőösödési viszonyait ábrázolja különböző (0–5%, 5–12%, 12–17%, 17–25%, 25–35%, 35–40%, 40–45% és >45%) lejtőtartományokban, amely főként az erózióbecslést és a meredek lejtők meghatározását célozza.

Az eredmények alapján átfogó képet kaphatunk a terület geomorfológiai fejlődéstörténetéről, és a recens felszínalakulási folyamatokat befolyásoló tényezőkről. Mindez elősegítette a felszín alatti hulladéktároló optimális elhelyezésére és kialakítására irányuló döntések tudományos megalapozását.



2. ábra. Bataapáti környezetének geomorfológiai térképe (Készült az eredeti, 1: 10 000 ma. lap alapján)

1. Földrajzi helyzet, általános jellemzés

A Bábaapáti község területéhez tartozó Nagymórággyi-völgy geológiai-geomorfológiai ismérvekkel is befolyásolt komplex tájtagolás tekintetében a Dunántúli-dombság több kistájának érintkezési sávjában, a Geresdi-dombság területéhez tartozik, a szomszédos kistájak területéből különböző mértékben részesedve helyezkedik el, ami némi heterogenitást is jelez. A jelenleg érvényes litosztratifráiai besorolás szerint a völgy területén a paleozóos magmás kőzetek a Mórággyi Komplexumba tartoznak (GYALOG L. 1993; CSÁSZÁR, G. 1997).

A Geresdi-dombságot D-ról a Dél-Baranyai-dombság 1250 km² kiterjedésű, 118 települést (legközelebből Erdősmecskét, Véméndet) magába foglaló kistája keretezi. Ebbe nyúlik bele ÉÉK-ról Geresd határáig a Bábaapáti, Fazekasbodát, Fekedet, Mórággyot, Zsibriket (Mőcsény külterülete) magába foglaló kicsiny Geresdi-dombság, amelynek települései közül csak Bábaapáti van a vizsgált területen.

A korábbi lerakó-helyszíneként kiszemelt Ófalu már a Dél-Baranyai-dombság kistájhoz tartozik. É-ról a legközelebből Cikó, ill. Mőcsény településeket magukban foglaló Völgyseg, ill. Szekszárdi-dombság kistájak nyúlnak le a vizsgált térségbe (MAROSI S.–SOMOGYI S. szerk. 1990) (3. ábra).

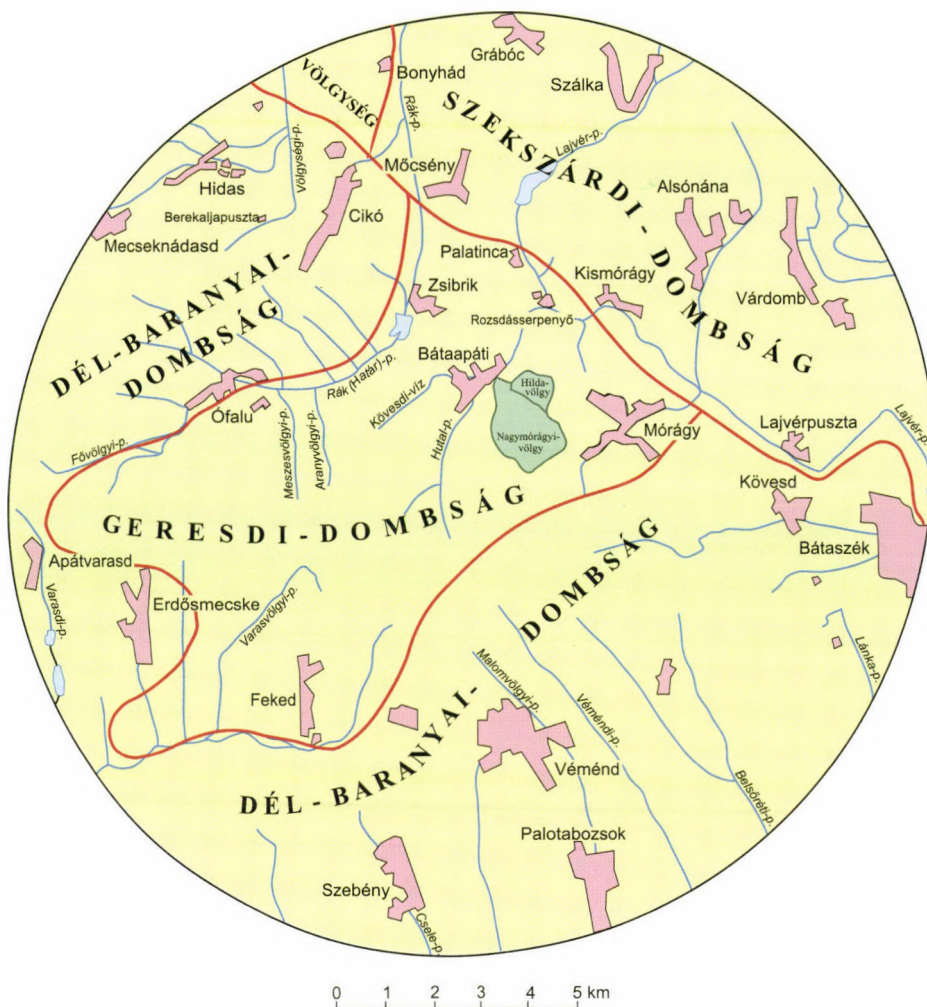
A fentiekkel összhangban vannak a vizsgált terület vízföldrajzi adottságai is: a vizsgált felszín vízvázasztó helyzetben van. D-ról a Karasica K–Ny-i irányú felső szakaszának É–D-i, ill. ÉÉNy–DDK-i irányú mellékvölgyei vágódnak vissza É-nak, sőt a Cselével K-ról párhuzamos, a Dunához futó Véméndipatak forráságai is benyúlnak DK felől a vizsgált területre.

ÉK-ról a Dunához tartó Lajvér-patak és a belé ömlő, a Köves-patakka egyesült Hutai-patak, É-ról, ÉNy-ról pedig a Völgysegi-patakba torkolló Rák-patak mellékvölgyei, ill. a feléjük tartó deráziós, eróziós–deráziós völgyek tagolják a felszínt.

A 250 m-t kissé meghaladó tengerszint feletti (tszf-i) magasságú, kis felületű, vízvázasztó helyzetű tetőszinttől ellentétes irányban lejtő felszínrészek függőleges (relatív relief) és vízszintes (völgyssűrűség) tagoltsága meglehetősen változatos, általában élénk (4. ábra).

Ez összefüggésben van a terület földtani–szerkezeti–rétegtani–litológiai felépítésével, főként a paleozóos, gránitos-kristályos palás alaphegységi kőzetekre nagy réteghiátussal települő újharmadidőszaki, helvét (kárpati) korú teresztrikus konglomerátumokat, homokköves, tarkaagyagos összleteket, valamint pannóniai agyag, iszapos agyag, homok, homokkő rétegeket jellemzően fedő, laza, könnyen pusztuló, vastag negyedidőszaki löszös összletek sajátos tulajdonságaival (BALLA Z. 2000).

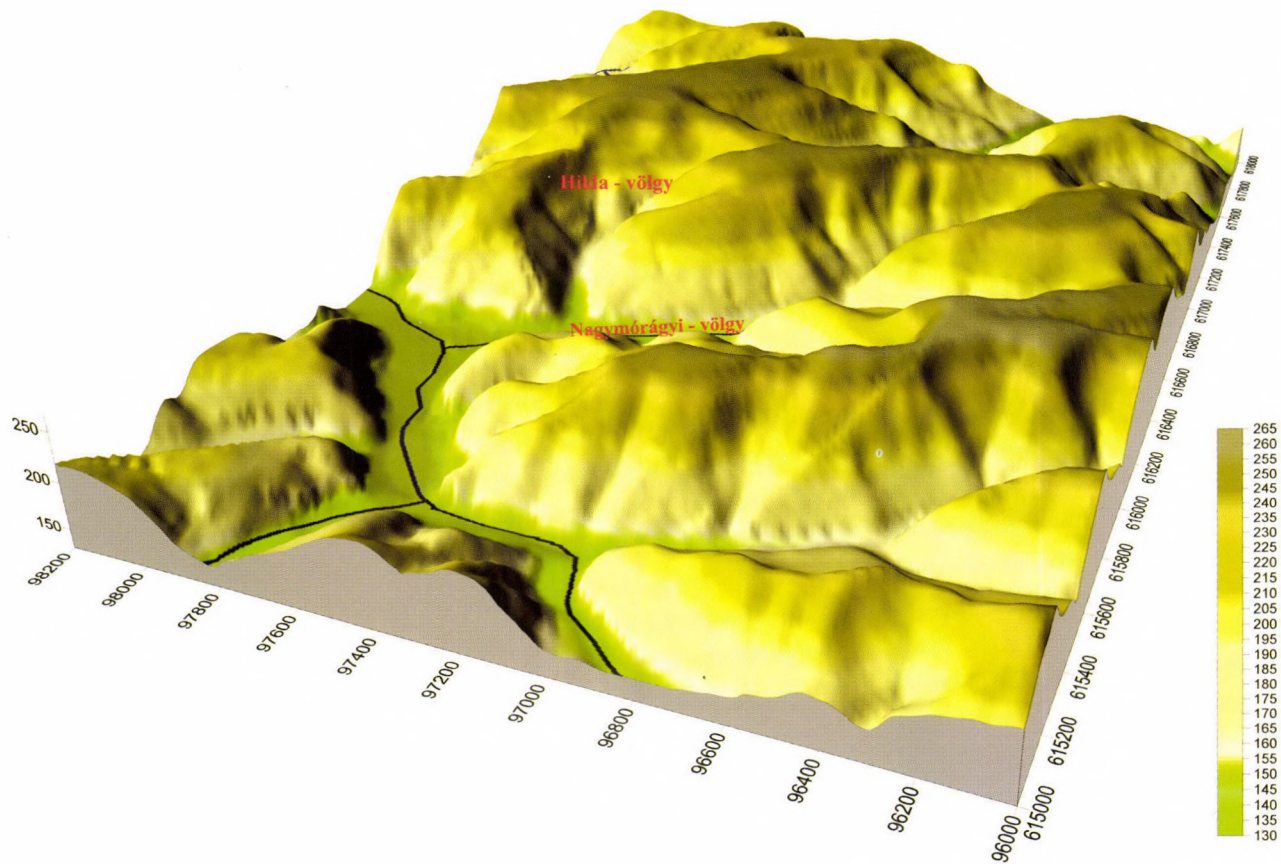
A plio-pleisztocén határán és az alsópleisztocénban keletkezhetett a különböző vastagságú löszös összletek feküjében, de helyenként közvetlenül a felszínen is megjelenő, sajátos litológiai termék, a vörősayagos-talajos, a



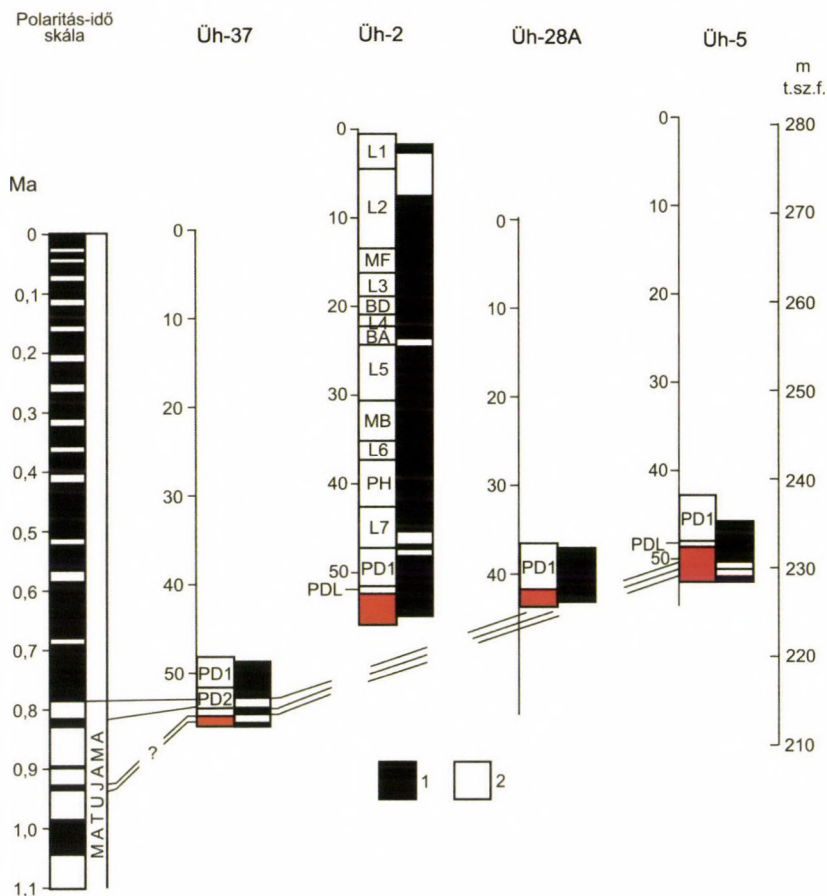
3. ábra. A Nagymórági-völgy környezete a Geresdi-dombság területén a kistájhatárokkal

lejtőviszonyok és a rétegtani helyzet függvényében csúszólapként is funkcionáló képződmény. Ennek létrejötte valószínűleg a Keleti-Mecsek alacsonyabb heglábfelszíne formálódásának lassú, hosszú ideig tartó időszakához kapcsolható. Ez a képződmény a Nagymórági-völgy környezetében lemélyített fúrásokban is megjelenik (5. ábra).

A tervezett objektumhoz közeli Üh-37, Üh-2, Üh-28A, Üh-5 fúrászelvények és rétegsoruk meglehetősen jól, általánosíthatóan tükrözik a vizsgált térség negyedidőszaki felszínfejlődésének történetét, valamint a korábbi domborzatfejlődést is (BALLA Z. 2000).



4. ábra. Digitális terepmodell a Nagymórógyi-völgy környezetének dombsági felszínéről



5. ábra. Az Üh-37, Üh-2, Üh-28A és Üh-5 fúrások paleomágneses értékelésű pleisztocén szakaszainak rétegsora (1), mágneses polaritása (2) és korrekciója (pirossal) a polaritásidő-skálával (szerk.: LANTOS M.)

2. A vizsgált terület geomorfológiai fejlődéstörténete

Az *alaphegységi* kristályos, ma már túlnyomóan erősen repedezett, felül mállott-aprózódott gránit és különböző változatai alkotta összlet hosszú fejlődéstörténete során jórészt szárazulati felszínként volt jelen, s összességében a *lepusztulás* – nyilván emelkedő tendenciájú helyzetben és időben – felülmúlta az üledékképződési-felhalmozódási időszakok eredményeit-termékeit, aminek végeredménye az említett *jelentős réteghiány*. A Mórágai Formáció kőzeteit hidrotermális folyamatok is érintették. A repedezett paleozoós kőzetet sűrűn

szövik át különböző irányú erek, amelyek anyaga hidrotermális eredetű. A Nagymórággyi-völgy középső részén található ideiglenes bánya szelvényében a hidrotermális jelenségeket szemléltető forráskürtőre emlékeztető repedésekben agyagásványok találhatóak (1. kép). Részletes kutatási eredmények állnak rendelkezésre a bátaapáti téglagyárban (is) feltároló alsópannóniai üledékekre vonatkozóan; a Bátaapáti, Mórággy és Mőcsény környéki völgyek peremein, a szárazvölgyek lejtőin pedig gyakran feltárolnak a mállott gránitfelszínre közvetlenül települő felsőpannóniai homokos, aprókavicsos, márgás összletek, amelyek ugyancsak megelőző eróziós periódusokra utalnak, diszkordanciát is jelezve (BALLA Z.–SCHWEITZER F.–SZABÓ Z.–SZEIDOVITZ Gy. 1993).

A negyedidőszak kezdetére (2,5 millió év) a felsőpliocénben még uralkodó szemihumid, szemiarid mállási-aprózódási és areális lemosási folyamatok – a gránitmurva-összlet idősebb részének felhalmozódása a gránitfelszín mélyedéseiben stb. – fokozatosan visszaszorultak, s a domborzat formálódását a különböző, gyakran ismétlődő éghajlattípusok (hűvös–nedves, hideg–száraz) változásának hatására a lösz- és a lejtőképződés, a mélyítő erózió és a szoli-flukciós folyamatok határozták meg (PÉCSI M. 1985, 1993).

A jórészt felsőpannóniai képződményekre, vörösayagra, ám nem ritkán közvetlenül az aprózódott–mállott gránit felszínére települt üledékek sorában a legjellemzőbb löszös összleteken kívül – a tagolt alaphegységi felszín mélye-



1. kép. Hidrotermális jelenségre utaló forma repedezett gránittömbben a Nagymórággyi-völgy középső részének bányafeltárolásában

déseiben az alsópleisztocénben reziduális málladékkal keverten felhalmozott sajátos bári bazaltvulkanizmus termékeitől eltekintve is – változatos képződmények jelzik a *változatos ősföldrajzi viszonyokat*.

A középleisztocénben – a területen belüli lokális függőleges felszínmozgások és éghajlatváltozások eredményeként – hol lepusztulás, hol folyóvízi-, hol pedig lejtő- és eolikus üledékfelhalmozás ment végbe (durvatörmelékes folyóvízi összletek, teraszképződmények stb.).

A legjellegzetesebb löszképződmények zöme a *felsőpleisztocénből* maradt ránk, 1–3 fosszilis talajtakaróval is tagoltan (2. kép). Nem csupán völgyek, vízmosások tárják fel vastag rétegsoraikat, hanem – az előbbi helyzettől persze nem mindig függetlenül – a völgyekbe húzódott települések házsorainak telekvégei is, számos, jellegzetes löszpincével. A rétegsorokat tagoló fosszilis talajaik alatt tipikus mészkonkréciós („löszbaba”) szintek sorakoznak. A löszösszlet a litológiai és paleopedológiai sajátosságok alapján lényegében három részre tagolható (Pécsi M. 1985) (5. ábra):

a) *Fiatal löszösszlet*, uralkodóan barna erdőtalajokkal, részben csernozjom jellegű talajokkal. Ez a löszsorozat (mintegy 0–15 m-es vastagságban) meglehetősen homogén, rétegzetlen szerkezetű, közepesen meszes, gyengén finomhokos lösz, amelyen csokoládébarna erdős-sztyep talajok, ill. csernozjomosodó erdőtalajok jellemzők. Egyes helyeken erodálódtak, részben áthalmazódtak.



2. kép. Basaharc típusú fosszilis csernozjom talaj a Nagymórágvi-völgy Ny-i vízválasztója mentén a Rác-hegytől DNy-ra feltárt löszszelvényben

b) Az öreg löszösszlet világossárga, okkersárga színű, gleyes, elszórta CaCO_3 konkréciókkal, vörösbarna erdőtalajokkal, szemipedolitokkal tagolt fúrásszelvényekben a 35 m-től terjedő szakaszokra jellemző. A löszösszlet e szakaszainak a talajai autochtonnak mutatkoznak és általában önálló felhalmozódási szintekkel rendelkeznek. Az összletben 3–4 eróziós hiátusra is következtetni lehet. A Duna menti löszök analógiája alapján még a Brunhes időszakhoz tartozhatnak, tehát 0,73 millió évnél nem idősebbek.

c) A rózsaszínű szilt, vörösgyag talajok sorozata a PD talajkomplexum alatt néhány m vastagságú. Jellemzője, hogy lilás, vörös-téglavörös színű talajok egymásra települt sorozatából áll, amelyeket 10–20 cm vastag zöld és szürke bentonitrétegek különíthetnek el egymástól. Fekvőjük mállott gránit, helyenként felsőmiocén (pannóniai) iszap, agyag és homokkő.

A holocén elejére (10 000 éve) a fiatal szerkezeti mozgások eredményeként kialakult a dombság domborzatának és vízhálózatának mai képe. A holocénben az eróziós völgyek, eróziós vízmosások, csuszamlásos folyamatok mellett főként a zárt erdő és a hozzá tartozó talajtakaró kialakulására került sor, amely az utolsó fél évezred alatt az *antropogén tájfejlődés* hatására is jelentős átalakulást szenvedett. Ehhez nagymértékben járult hozzá a dombtető viszonylag kis területű, de helyi erózióbázisként szereplő, jóval alacsonyabb szomszédsága felé számottevő domborzati szigetként, vízvázasztó csomópontként funkcionáló helyzete; ez készítette természetes körülmények között is perembereselésekre, visszavágódásra a völgyeket–völgyfőket, amit csak fokozott az erdőirtás.

A völgyi feltagolódás, a relatív relief fokozódása számottevően járult hozzá csuszamlásos-omlásos folyamatok lejátszódásához. Adott rétegtani-települési helyzet, csúszólapok jelenléte, lejtőirányú dőlése, az „alátámasztás” hiánya eróziós folyamatok hatására való bekövetkezése magyarázza a viszonylag sok fosszilis és recens csuszamlást, ill. potenciális csuszamlásveszélyt; meredek alámosások egyúttal omlásveszélyt idéznek elő. E mozgások mellett persze már a holocén korábbi szakaszában, s ma is jellemzők a felszínfejlődési folyamatokra utaló völgykitöltő és lejtőüledékek, a lehordásterületek ellentétpárjaként a széles alluviális völgysíkok.

3. Éghajlati-hidrológiai viszonyok

A Geresdi-dombság és környezete hazánk mérsékelt meleg és mérsékelt nedves éghajlati körzeteihez tartozik. Ez azt jelenti, hogy az évi középhőmérséklet átlagosan 9,7–10 °C, míg a tenyészidőszaki 16,5–16,8 °C között ingadozik (MAROSI S.–SOMOGYI S. szerk. 1990). Az évi csapadék 650–700 mm között váltakozik az egyes mérőállomásokon (pl. Szálka 70 éves csapadékátlag 670 mm, Bátaapátie 659 mm, Véméndé 636 mm volt). É-ről D-nek haladva bizonyos mértékű csapa-

dékcsökkenés megy végbe. A mért csapadékösszegek a lehetséges (potenciális) párolgás évi mértékét (800 mm) nem érik el, de a tényleges párolgás értékét (525 mm) jóval felülmúlják. Így a táj egészére számítható 18%-os lefolyási tényezőtől 4 l/s.km²-es fajlagos lefolyást lehet feltételezni (természetesen ezt is hosszú időszak átlagára értelmezve) (Hajósy F. 1935).

A csapadékból származó vízmennyiség azonban csak részben látható viszont az itt eredő vízfolyásokban. Egy részük a felszín alatti tározó rétegeket táplálja. Más részük pedig csak nagyobb csapadékok alkalmával jelentkezik a víz-medrekben, máskor csak azok laza mederanyagában szivárog a lejtés irányába.

A helyi kis vízfolyásokon végzett régebbi mérések szerint a vízhozamból átszámítva 1986-ban 7,6 l/s.km²-es, 1987-ben 3 l/s.km²-es, 1988-ban 2,7 l/s.km²-es fajlagos lefolyási értékek adódtak a területről, ami meggyőzően mutatja, hogy az időjárás milyen érzékenyen befolyásolja az évi lefolyás mennyiségét. Ám – mint előbb említettük – a lefolyás egy része nem is felszíni vízfolyásokon át, hanem a felszín alatti vízforgalom útján távozik.

A vázolt hidrogeológiai viszonyok között – mivel a felszín nagyobb része jó vízáteresztő laza, löszös üledéktakaróval borított – területünkön összefüggő talajvízszintet nem lehet feltételezni. Csak a mélyebben bevágódott völgyekben és a vízfolyások különböző szélességű, iszapos hordalékkal feltöltött árterén találunk összefüggő talajvizet, az utánpótlódás intenzitásától meghatározott szintben és mennyiségben. Tartós szárazság idején a talajvíz egy része elpárolog, más része a lejtés irányában elszivárog (Balogh J. et al. 2003).

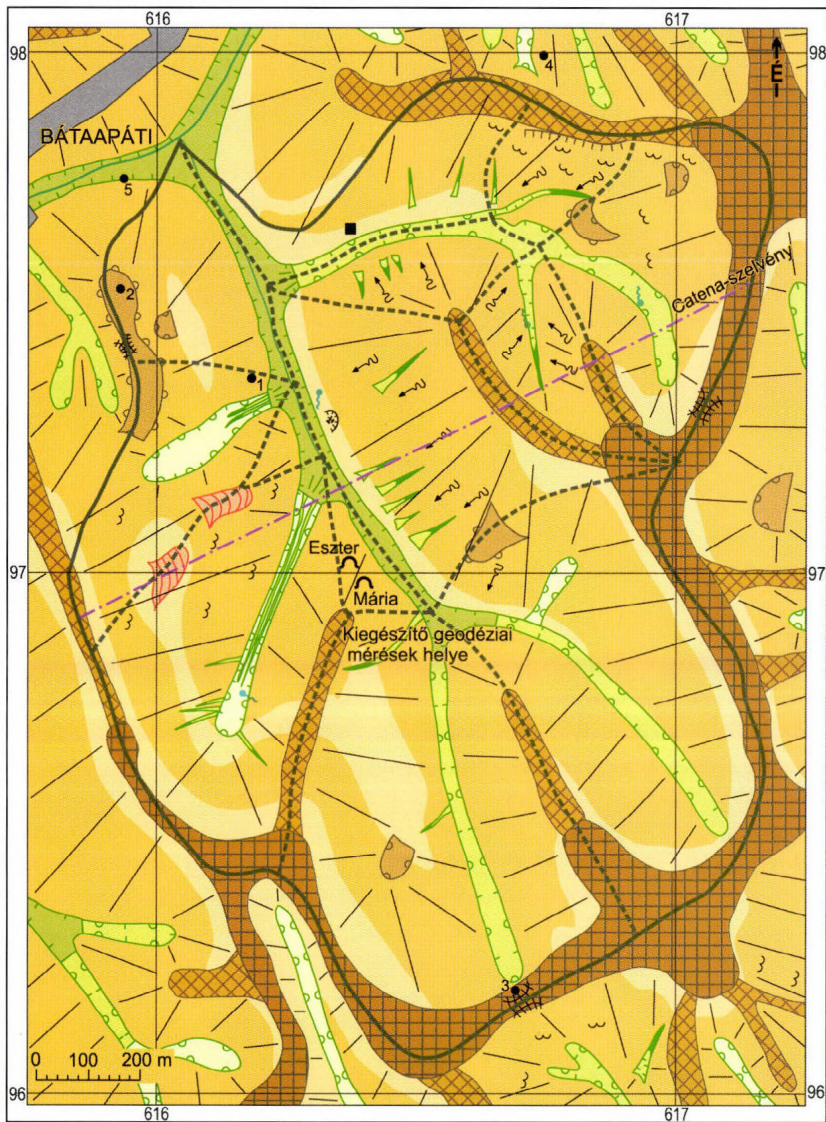
A mikro- és terepklima vizsgálatokhoz a lejtős területekről 1: 5000 ma. kitettségi térképet szerkesztettünk a Nagymórággyi-völgyről (6. ábra) és 1: 2000 ma. térképet a Hilda-völgy területéről (7. ábra). A 0–5%-os lejtőtartományt olyan felszínnek (síknak) minősítettük, amelynek nincs kitettsége. Az 5%-nál nagyobb lejtős felszíneket 8 kategóriában fő és mellékégtájak szerint minősítettük, a keskeny völgytalpakat, valamint a völgyfőket, az eróziós árkokat, vízválasztó helyzetű szerkezeti nyergek felszínét domborzati adottságaik miatt több helyen vegyes kitettségű kategóriának minősítettük. A kitettségi térkép a mikroklimatológiai elemek értékelésénél nyújt segítséget.

Egyik legfontosabb ilyen mikroklimatológiai elem a talajhőmérséklet, hiszen annak hőmérsékletétől nagymértékben függ a felszínközeli léghőmérséklet és a talaj nedvességtartalma. Fontos szerepe van a térképnek a talajfagyzugok és általában a hűvös, ill. hideg levegő lefolyási helyeinek kutatásában.

3.1. Csapadékmérés

A csapadékmérőt a Nagymórággyi-völgytől É-ra eróziós mérőkertben helyeztük el. Telepítésénél fontos szempont volt, hogy minél közelebb kerüljön a talajfelszínhez – így a ténylegesen a felszínt elérő csapadékot regisztrálja

A NAGYMÓRÁGYI-VÖLGY GEOMORFOLÓGIAI TÉRKÉPE



ERÓZIÓS ÉS AKKUMULÁCIÓS FORMÁK

- Eróziós völgy
- Eróziós-deráziós völgy
- Deráziós völgy
- Szurdokvölgy, vízmosás (5 m-nél mélyebb)
- Vízmosás, 1-5 m-es mélybarázda
- Völgytapi hordalékkúp

KOMPLEX FORMÁK

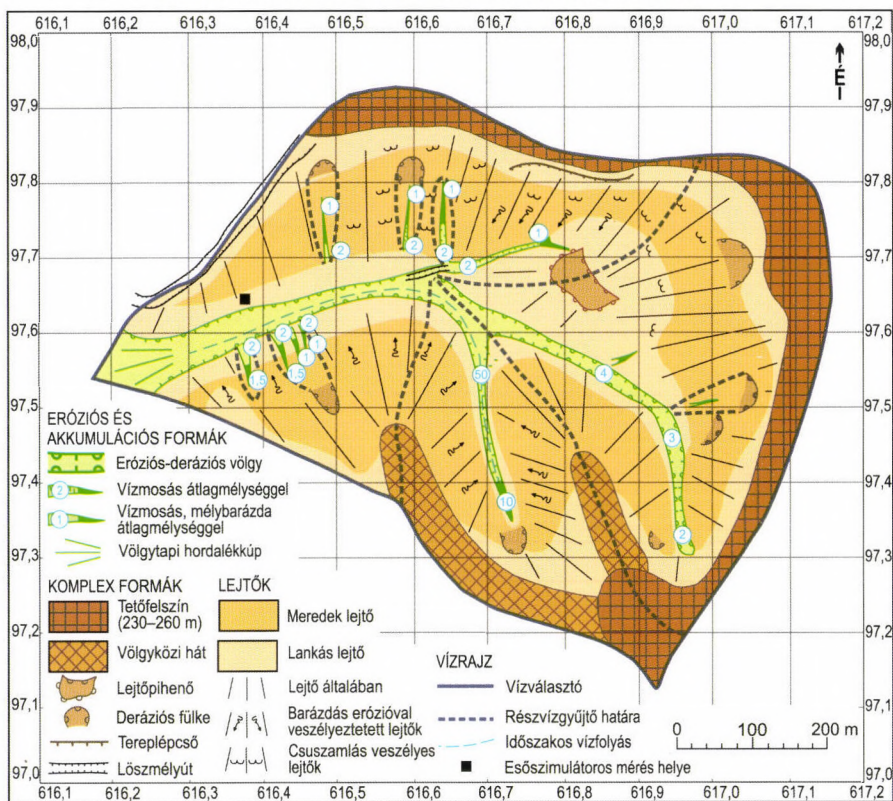
- Tetőfelszín (230-260 m)
- Völgyközi hát
- Lejtőpihenő
- Deráziós fülke
- Csuszamlás halmaz
- Tereplépcső

LEJTŐK

- Meredek lejtő
- Lankás lejtő
- Lejtő általában
- Barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők
- Csuszamlás veszélyes lejtők

- Vízválasztó
- Részvízgyűjtő határa
- Talajszelvény
- Esőszimulátoros mérés helye
- Ideiglenes bánya
- Vízválasztó nyereg

A HILDA-VÖLGY GEOMORFOLÓGIAI TÉRKÉPE



–, másrészt pedig nyílt területen álljon, semmi ne árnyékolja le. A regisztrált csapadékesemények igen széles skálán mozognak mind csapadékmennyiség, mind intenzitás tekintetében. A kihelyezett műszer előnye, hogy a lehullott csapadékot 0,2 mm-es egységenként regisztrálja, így az intenzitás értékeinek pillanatnyi változásairól is információt nyerhetünk.

Általában igaz, hogy a nagyobb mennyiségű csapadékok nagyobb intenzitással is járnak együtt, különösen a tavaszi, nyári zivataros időszakokban (KAKAS J.–OZORAI Z. 1955). Ugyanakkor többször regisztráltunk olyan csapadékeseményt, amelynél viszonylag kis mennyiség mellett jelentős intenzitás volt kimutatható (1–2. táblázat). Az intenzitás értéke – leszámítva a csendes esőket – a csapadékeseményen belül folyamatosan változik. Fontos tehát vizsgálni a magas intenzitású periódus hosszát és elhelyezkedését a csapadékeseményen belül. Ugyanaz a csapadékesemény jelentősen nagyobb talajpusztulást tud okozni, ha az intenzitás csúcspontja a csapadékesemény végén áll be, mint amikor a hevesen induló eső fokozatosan alábbhagy.

1. táblázat. 2002. szeptember 4-i csapadékesemény főbb paraméterei, hullott eső = 2,4 mm

Időpont	Mennyiség, mm	Intenzitás, mm/h
09:04:14:54:36	0,2	–
09:04:14:58:14	0,2	3,3
09:04:15:01:12	0,2	4,0
09:04:15:01:40	0,2	25,7
09:04:15:02:06	0,2	27,7
09:04:15:02:36	0,2	24,0
09:04:15:03:34	0,2	12,4
09:04:15:10:29	0,2	1,7
09:04:15:15:16	0,2	2,5
09:04:16:47:20	0,2	–
09:04:16:50:55	0,2	3,3
09:04:17:30:30	0,2	–

2. táblázat. 2002. augusztus 31-i csapadékesemény főbb paraméterei, hullott eső = 2,4 mm

Időpont	Mennyiség, mm	Intenzitás, mm/h
08:31:18:55:39	0,2	–
08:31:18:56:53	0,2	9,7
08:31:18:58:19	0,2	8,4
08:31:19:00:36	0,2	5,3
08:31:19:02:48	0,2	5,5
08:31:19:03:59	0,2	10,1
08:31:19:05:01	0,2	11,6
08:31:19:05:49	0,2	15,0
08:31:19:06:46	0,2	12,6
08:31:19:07:30	0,2	16,4
08:31:19:07:57	0,2	26,7
08:31:19:10:43	0,2	4,3

A vizsgált időszakban előfordult hosszan tartó, csendes eső, zápor, zivatar, sőt mind csapadékmennyiség, mind pedig intenzitás tekintetében extrémnek mondható felhőszakadás is. A fentiekén kívül többször jelentkezett 0,4 mm alatti csapadékmennyiség, amelynek intenzitásáról a metodikából adódóan nincs információnk. E csapadékok nagy része valószínűleg harmat, de van közöttük eső is, szerepük az erózió folyamatában a látszat ellenére a talajnedvességre gyakorolt hatásuk miatt jelentős lehet.

3.2. A talajnedvesség mérése

Talajnedvességen az erózió szempontjából meghatározó 0–10 cm-es felső talajréteg nedvességtartalmát értjük. A talajnedvesség-méréseket a Nagymórágyi-völgytől É-ra az eróziós mérőkertben végeztük. A mért értékek nagyban befolyásolják a talaj pillanatnyi erodálhatóságát. Egyrészt a nedves talajnak sokkal kisebb a felületet érő víz kinetikus energiájával szembeni ellenállása, ezáltal sokkal könnyebben esik alkotóelemeire, amiket a kialakuló elfolyás könnyen magával tud ragadni. Másrészt a nedves talaj pórusai többé-kevésbé telítve vannak vízzel, így a felületére érkező újabb csapadékmennyiség elvezetése a mélyebb talajrétegek felé gátolt, sokkal lassabban és kisebb mértékben történik meg (RAJKAI K. 1988).

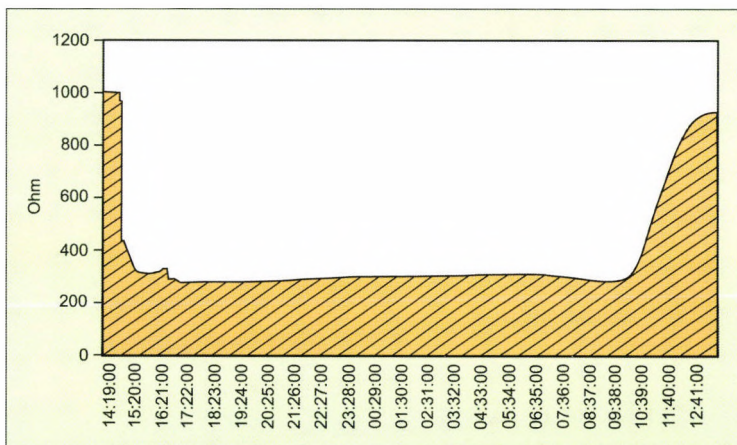
A talajnedvesség értékét a csapadékon kívül számtalan tényező befolyásolja. Általánosságban elmondható, hogy a talaj szempontjából az a kedvező, ha nedvessége hosszabb időszakon keresztül sem változik jelentős mértékben, ill. a változások dinamikája viszonylag lassú. Ez az ideális állapot szerkezetes, nagy mikrobiológiai aktivitású, állandó vegetációval borított talajt feltételez. Ilyen körülmények között a víznyelés intenzitása nagyobb, a közvetlenül a talajfelszínre érkező csapadék mennyisége kisebb és általában a talaj vízgazdálkodása sokkal egyenletesebb, kerüli a szélsőségeket.

A talaj erodálhatóságának meghatározásakor a szabvány szerint a területet növénymentesen kell tartani és folyamatos műveléssel fenn kell tartani a magágy-állapotot. A művelés hatására a talaj elveszti szerkezetét, vízgazdálkodása szélsőségesé válik. Ebben az esetben a feltalaj nedvességtartalmának változásában sokkal nagyobb szerephez jutnak egyéb időjárási tényezők, mint pl. a szél és a napsütés (STEFANOVITS P. 1992).

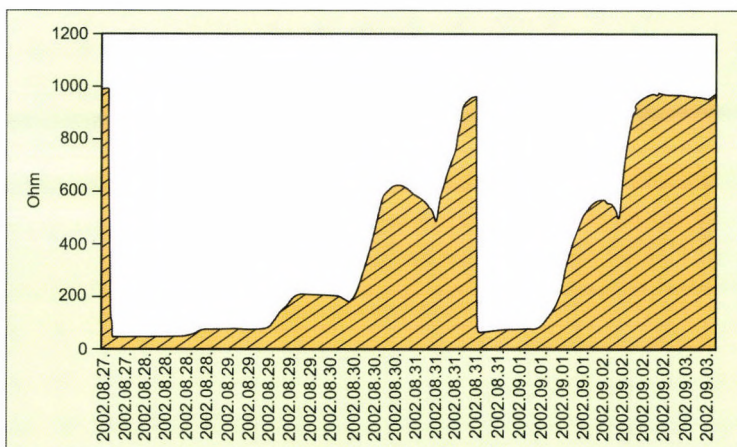
Vizsgálataink során mindkét mérőparcella feltalajának nedvességtartalmát folyamatosan regisztráltuk. A mérés elvét a talaj elektromos vezetőképessége, ill. ellenállása adja. Minél nagyobb a talaj nedvességtartalma, annál kisebb az ellenállása. A parcellák feltalajába gipszblokkokat helyeztünk el. Az effektív ellenállás mérés a gipszblokkon belül történik. A mérések percenként ismétlődnek, így igen pontos képet kapunk a talaj pillanatnyi nedvességtartalmáról, ill. annak változásáról.

A fent ismertetett, 2002. szeptember 4-i csapadékesemény hatására a talaj nedvességtartalmában bekövetkező változásokat a 8. ábra szemlélteti. Az ábrán jól látható, hogy a kezdeti száraz talajállapot a csapadék hatására gyorsan megszűnik, a talaj nedvességtartalma megnő, azonban nem telítődik.

Az ellenállás értéke mindvégig 200 Ohm felett marad, ami azt jelenti, hogy a talaj gravitációs pórusterei nem teltek fel vízzel, képesek a beléjük szivárgó vizet a talaj mélyebb rétegei felé továbbítani. Ez a tény azzal is igazolható, hogy a csapadék megszűnte után is a talaj tartja ezt a nedvességi állapotát és csak másnap délelőtt, az intenzív napsütés hatására kezd el száradni.



8. ábra. 2002. szeptember 4-i csapadékesemény talajnedvesítő hatása a talajelektromos ellenállása alapján



9. ábra. 2002. augusztus végének – szeptember elejének talajnedvesség viszonyai a talaj elektromos ellenállása alapján

A száradás folyamata szintén elég gyorsnak mondható, a nedvességtartalom nagy része gyakorlatilag két óra alatt eltávozott a feltalajból.

Ugyanezeket a gyors nedvességtartalom változásokat tapasztaljuk, ha egy hosszabb időintervallumot tekintünk (9. ábra). Látható, hogy a száraz talaj átázása hevesebb csapadék hatására szinte azonnal megtörténik.

A 2002. augusztus 27-i csapadékesemény a talajt telítette, ilyen állapotú talaj alig képes vizet befogadni, a felszínen ideiglenesen megrekedő

víz lejtőirányba mozdul el. Az is jól megfigyelhető az ábrán, hogy a száradás folyamatát a minimális mennyiségű (0,4 mm alatti) csapadékok megszakítják, de igazi nedvesedést nem tudnak okozni.

3.3. Felszíni elfolyás

A felszíni elfolyás mennyisége – a csapadék mennyiségén és intenzitásán kívül – nagyban függ a feltalaj nedvességi állapotától. A két, hasonló intenzitású és mennyiségű regisztrált csapadékesemény esetében az egyiknél nem mértünk lefolyást, a másiknál pedig jelentős mennyiségű víz távozott a parcellákról.

A felszíni elfolyás mennyisége és az elhordott talaj aránya szintén igen tág értékek között mozog. Ez az arány, azaz az elfolyó víz talajtartalma megfigyeléseink szerint elsősorban a területről lefelé mozgó vízleplet érő eső kinetikus energiától függ. Vagyis egységnyi lefolyó víz annál több talajt hord el, minél több és nagyobb esőcsepp éri el a felszínen lefelé mozgó vizet, mozgásban tartva ezzel a talajszemcséket a levonuló víz áramában.

Észleltünk olyan csapadékeseményt, amely folyamán történt lefolyás, a talajelhordás azonban alig volt mérhető. Ezt bizonyították a mesterséges esőszimulátorral végzett kísérleteink is, amelyek a kezdeti nagyintenzitású csapadék szimulálása mellett nagymértékű beszivárgást mutattak.

3.4. A domborzati tényezők és a hidrometeorológiai adottságok összefüggései

Az objektum közvetlen környezetének hidrometeorológiai adottságai jelentős mértékben kapcsolatban vannak az adott térség domborzati és növényzeti adottságaival. A klimatikus (meteorológiai) elemek helyi érvényesülése, ill. hatása elsősorban a fent említett tényezők függvénye. A csapadékviszonyok elemzése két szempontból szükséges. Ez határozza meg az évi és évszakos beszivárgás mennyiségét, és ezen keresztül az objektum közelében található források vízhozamát, valamint működésük jellegét (állandó vagy időszakos források). A beszivárgás elsősorban a téli félév jellemző folyamata. A legjelentősebb mennyiségek a hóolvadásból kerülnek a talajba és onnan a forrásokba.

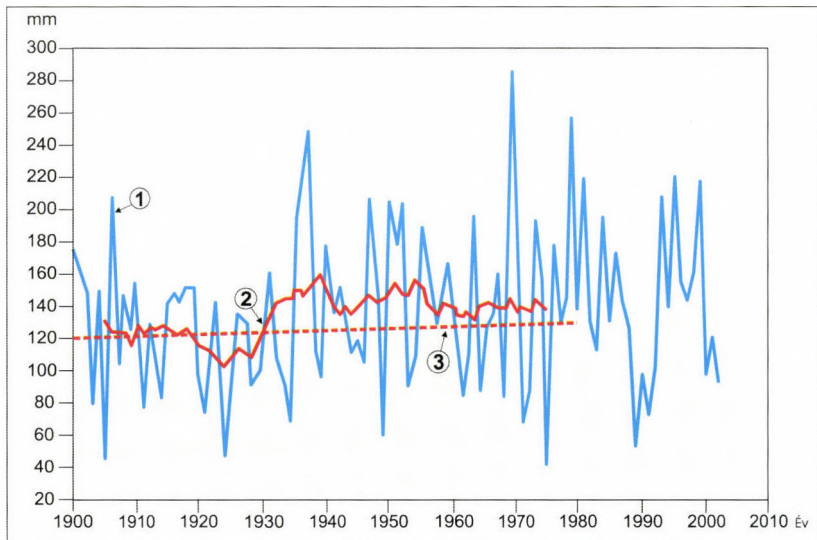
Az 1929–1944 közötti 15 éves időszak teleinek átlagában a területen 7–8 cm volt az átlagos hóvastagság. Ez az országos átlagnak felel meg. A hólé beszivárgása azonban a létesítmény szempontjából országos viszonylatban a legkedvezőtlenebb körülmények között történik. Országunknak ezt a D-i területét a téli félévben a hazai átlag feletti gyakoriságban érik el a DNY felől érkező enyhe légtömegek. Ebből adódóan gyakoribb a rövid időtartamú hóolvadás, mint az ország más területein. A hó tehát szakaszosabban olvad, mint másutt, így a keletkezett hólének is nagyobb része szivároghat a talajba.

A hazai téli csapadék túlnyomó része azonban eső formájában hullik le. A mennyiségek általában kis összegekben érkeznek, amely szintén nagyon kedvező lehet a beszivárgás szempontjából (KÉRI M. 1952). Az objektum térségében a XI.–III. hó közötti időszakban – amely egy hónappal (november) hosszabb, mint a meteorológiai tél – az 1901–2003 évek átlagában 247 mm csapadék várható. Az ettől való eltérés – a 80 év tapasztalata alapján – igen tekintélyes lehet.

A jelzett időszakban a lehetséges párolgás közepes összege mindössze 36 mm. A téli csapadéknak tehát mindössze 15%-a párolog el, és 85%-a szivárog a talajba. A források táplálása számára tehát 103 évi átlagban 210 mm áll rendelkezésre télen, pontosabban a XI.–III. hó közötti időszakban.

Figyelembe veendő tényező, hogy a terület téli csapadékösszege egyrészt az országos átlag felett van, másrészt annak ún. mennyiségi szerkezete is – az objektum környéki beszivárgás szempontjából – kedvezőtlen. Az ország DNy-i részén, ahol Bátaapáti is elhelyezkedik, a téli félévben az országos átlagnál lényegesen gyakrabban érkeznek légtömegek DNy-i irányból. Ezek, amint az ország csapadéktérképe is mutatja, az országos átlag feletti csapadékoságot eredményeznek. Ebből adódóan a csapadékos napok száma is az országos átlag felett van. Végso soron az országos átlagnál több csapadék, az országos átlagnál több napon keresztül hullik.

A téli csapadék minősítésének értékeléséhez tanulmányoztuk az elmúlt 103 év téli évszakai (XII.–I.–II. hó) csapadékösszegeinek változását (10. ábra).



10. ábra. A téli (XII.–I.–II. hó) csapadékösszegek változása Pécsváradon 1901–2003 (Lovász Gy. alapján). – 1 = évenkénti értékek; 2 = trend; 3 = iránytrend

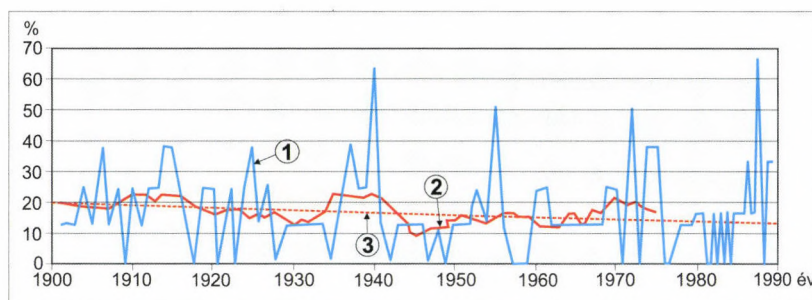
A grafikus elemzés igazolja, hogy jelentős szélsőségek és időszakos csökkenő tendenciák (pl. az 1930-as évek előtt) közepette a téli évszak összegei növekvő tendenciát mutatnak. Az iránytrend értéke: 0,35, azaz elméletileg (tendenciózusan) évenként 0,35 mm-t növekedik a téli évszak csapadékösszege. Ez a 103 év alatt 28 mm-nek felel meg, és az összeg a téli csapadékátlag (135 mm) 21%-a.

Hidrometeorológiai szempontból hasonlóan kiemelt szerepe van a rövid idő alatt lehulló intenzív nagycsapadékoknak (zápor, zivatar). A nagycsapadékok valószínűségi vizsgálata azért is kiemelt jelentőségű, mert a lejtős felszínen különösen nagy lehet az intenzív csapadék kártétele, azaz igen gyakori lehet az *eróziós árkok* keletkezése, amit a felszínen lerohanó csapadékvíz vált ki, elsősorban az építési munkák során a kiépített üzemi utak mentén, a fedetlen felszínen (Kiss A.–PRIMÁS A.–REGŐS F. 1971). Az eróziós árok keletkezésének geológiai feltételei is igen kedvezők, hiszen a lejtős felszínt löszszerű képződményen keletkezett talaj fedi, amely könnyen pusztul (JAKAB G. 2005, 2006).

A nagycsapadék kialakulásának jellegzetes időszaka március és október között van. A létesítmény közelében nincs több évtizedes sorozatú csapadékin-tenzitás mérés, de a 100 mm havi csapadékösszegek valószínűségét tanulmányozva viszonylag megbízható adatokat kapunk a nagycsapadékok valószínűségről (ha ugyanis 100 mm, vagy ezt meghaladó egy hónap csapadékösszege, akkor abban a hónapban már biztosan számolni kell komoly eróziós kárral).

Az elmúlt 90 év valószínűségi értékeit a 11. ábra mutatja. Ez a tendencia, vagyis a 100%-ot elérő, vagy azt meghaladó hónapok előfordulása III.–X. hó között a vizsgálat szerint lényegében nem változik. Az említésre nem méltó évenkénti, elméletileg számított 0,06%-os csökkenés 90 év alatt kerekén 5%-nak felel meg.

A 90 éves sor vizsgálata szerint az eseteknek mindössze 20%-ában (16 év) voltak olyan évek, amikor a március–októberi időszakban (6 hónap) nem volt egyetlen 100 mm-t elérő vagy ezt meghaladó havi csapadékmennyiség. Az



11. ábra. A 100%-os havi csapadékösszeg %-os valószínűségének változása a III.–X. hó közötti időszakban, Pécsváradon 1901–1990 (Lovász Gy. alapján). – 1 = évenkénti valószínűség; 2 = változás mozgástrendje; 3 = iránytrend

évek 69%-ában viszont a 6 hónapos időszakban 1 vagy 2 hónap csapadékösszege elérte vagy meghaladta a 100 mm-t. Az egyes évek %-ában a 6 hónapos időszakban a 3–5 hónap csapadékösszege érte el, vagy haladta meg a 100 mm-t.

A létesítmény térségében tehát a 100 mm csapadékmennyiséget elérő vagy ezt meghaladó hónapok száma igen nagy, átlagosan 16%-os valószínűségű (március-október között), ami komoly mértékű eróziós folyamatok veszélyére figyelmeztet. Ez az érték nagy valószínűséggel jelzi az eróziós folyamatok, a felületi, barázdás, árkos erózió veszélyét.

A talajerózió mechanikai folyamat, amelyhez energia szükséges. Ennek az energiának nagy részét hidrometeorológiai szempontból az esőcseppek szolgáltatják, ezért a várható eróziós folyamatok nagyságának meghatározásához mindenképp a lehulló záporok kinetikai energiáját kell vizsgálnunk.

A csapadék kinetikai energiája, mint egyik tényező mellett az *EI* (erózióindex) képzéséhez szükség van egy egyszerűen meghatározható egyéb esőparaméterre, amely befolyásolja a talajpusztulás mértékét.

WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. (1958, 1963, 1978) szerint a záporok 30 perces maximális intenzitása szoros korrelációt mutat a tényleges talajerózió és a csapadék kinetikai energiája között. A területhez viszonylag közeli csapadékerózió-index számításokat és ombrográffal történt mérési eredményeket a pécsi meteorológiai állomáson találunk (3. táblázat).

3. táblázat. Az esőerózió-index (*EI*) számított értékei a pécsi meteorológiai állomás körzetére (t/ha/év)

Körzet	2	3	4	5	6	7	Az átlagos EI értéke
	éves EI maximumok értéke						
Pécs	108	152	179	207	382	397	147

3.5. A Nagymórágai-völgy és környezetének vízrajza

A Nagymórágai-völgyből kilépő patakon vízhozam mérő műtárgy 2003 végén épült meg (3. kép), ezért mért vízhozam adatokkal a vízgyűjtő területét nem jellemeztük. A terület erózióbázisa a Hutai-patak. Az ETV-ERŐTERV-től kapott észlelési adatok alapján a Hutai-patak vízjárásának adataiból megállapítható, hogy szélsőséges vízjárású területtel állunk szemben, ahol a nagyvízi hozamok több nagyságrenddel meghaladhatják a középvízi, ill. területre tartósan jellemző kisvízi hozamokat. A nagyvizek levonulása nagyon gyors és nem egyenletes, ami a nagy esésnek, ill. a morfológiai viszonyoknak köszönhető. A Nagymórágai-völgy patakját a Hutai-patakhhoz hasonló vízjárások jellemzik.

Kisvízi vízhozam tartomány

Hutai-patak esetében a kisvízi hossz-szelvény nem egyenletes, nem lineáris jellege fennmarad. A felső részen vannak olyan szakaszok, ahol kisebb csök-



3. kép. A Nagymórággyi-völgyben a vadászház felett 2003-ban létesített vízhozammérő műtárgy

kenés és változatlan vízhozam is előfordul, míg az alsó szakaszon a növekedés nagyobb üteme figyelhető meg, ami a jobban bevágódott mederrel magyarázható. A mellékágakon, így a Nagymórággyi-völgyben is hasonlóak a jelenségek: a száraz mederszakaszok hossza növekszik meg a kisebb vízhozam mellett.

Középvízi vízhozam tartomány

A vizsgált terület ebből a szempontból különleges, mivel a középvíz ezen a területen csak statisztikai jellemző, valójában az ennek megfelelő vízhozam csak nagyon ritkán és rövid időre fordul elő. A jelenség valószínűleg azzal magyarázható, hogy a vízfolyások rövidek, a vízgyűjtő terület viszonylag kicsi, a völgyek esése viszont nagy, ezért az összegyülekezési idő rövid, a beszivárgásra kevés idő áll rendelkezésre. A beszivárgás szempontjából még az is fontos, hogy a tömör alaphegységen csak vékony törmelékes fedő és talaj van, amely nem tud nagyobb vízmennyiséget raktározni.

Szemléletesen mutatja a vízjárás jellegzetességét, hogy a 2002. július 29-én mért nagyvíz után egy nappal minden eddiginél kisebb vízhozamokat mértek. Az árhullám levonulása után a meder „kiürült”. A nagyobb vízgyűjtőkkel rendelkező vízfolyásokon ekkor kellett volna bekövetkeznie egy viszonylag hosszabb középvízi periódusnak, ami azonban elmaradt, valójában csak egy-két óráig tarthatott.

A Hutai-patakon a vízhozam növekedése nem lineáris, az alsó szakaszon nagyobb arányú. A változás valószínűleg a földtani felépítéssel függ össze. Az alsó szakaszon kissé jobban bevágódott a meder, a vízhozam a domblábi durva

törmelékekből több utánpótlást kaphat. A tendencia a kissé nagyobb vízhozamok esetében már kevésbé egyértelmű. Ezen a részen egyébként a kis mellékágak vize még középvízi tartományban is elszivárog, a torkolati szakaszok ilyenkor is szárazak, míg a medrek felsőbb szelvényeiben mérhető vízhozam van: magasfeszültségű vezetékek melletti bal és jobb oldali mellékágak. A legfelső szakaszon kicsi, de alig változó vízhozamot észleltünk, ami valószínűleg azzal függ össze, hogy ott a gránit felett nagyon vékony a talajtakaró.

Nagyvízi vízhozam tartomány

A Hutai-patakon a felső szakaszokon a nagyvízi lefolyás kevésbé értékelhető. Ennek magyarázata a terepbejárások alapján a változó mértékben kiépített földutakban kereshető, amelyek jelentős vízmennyiséget képesek elvezetni az alsóbb szakaszokhoz. A lefolyás jelentős része tehát nem a vízfolyások medrében zajlik, a földutakról származó vízmennyiség véletlenszerűen jut be a mederbe.

Az Erdészházi-mellékág és a Köves-patak között változó mértékű vízhozam-csökkenést tapasztaltak. Ezen a szakaszon a vízfolyás medre helyenként ellaposodik, a víz szétterül, gyakorlatilag tározódik, ami lassúbb lefolyást, kisebb mérhető vízhozamot eredményez. A kiépített földutak és a kiépítetlen, gyakorlatilag természetes állapotú meder morfológiájának együttes hatása tehát a hossz-mentén változatos nagyvízi lefolyást eredményez.

Itt említendő meg, hogy a Nagymórággyi-völgyben csak egyetlen állandó jellegű forrás található (4. kép), amely hozamával rendszeresen nedvesíti a völgytalpat. Az ideiglenes források száma három, amelyből egy a Nagymórággyi-völgy eróziós-deráziós mellékvölgyében, kettő a Hilda-völgy eróziós és eróziós-deráziós mellékvölgyeiben a gránitmurva és a negyedidőszaki üledékek határában ered.

4. Az erdőállomány jellemzői

A Nagymórággyi-völgyet magában foglaló Bátaapáti teljes közigazgatási területén belül 1360 ha-t foglalnak el az erdőterületek, amelyek részesedése így módon a község területéből igen magas (közel 81%-os). A község belterületét Ny-ról, D-ről és K-ről egyaránt erdők övezik, amelyek legnagyobb kiterjedésüket a község D-i részén érik el. Itt az erdőterület Bátaapáti közigazgatási határát – egyben Tolna és Baranya megye határvonalát – átlépve a Baranya megyei Feked és Véménd területén folytatódik megszakítás nélkül. Hasonló a helyzet az ugyancsak Baranya megyéhez tartozó Ófalu felé átnyúló erdőterületekkel, amelyek Bátaapáti külterületének Ny-i részét borítják.

A terület erdeinek fajajta szerinti összetételére a vegyes állomány jellemző. Ez azt jelenti, hogy az itteni erdők több mint felét 5 féle, a tágabb környéken is őshonos fajajta – a cser, a bükk, a tölgy, a hárs és a gyertyán – al-



4. kép. Kiépített forrás a Nagymórággyi-völgy K-i oldalában

kotja. A maradék 45–48% elsősorban betelepített fajokból – főként akácból és különböző fenyőfajtákból – áll. Az akácot és a fenyőt 1945 után telepítették a környékre olyan céllal, hogy egyes, kedvezőtlen adottságú, más célra alig használható dombsági területek is gazdaságilag hasznosíthatók legyenek erdőgazdálkodási céllal.

Az őshonos faállomány fajta szerinti összetételében az utóbbi évtizedekben jelentős változás nem következett be. Ennek megfelelően 2000-ben a község erdőterületén belül a cserések 14–16%-ot, a tölgyesek, bükkösök és a hárserdők 10–10%-ot, a gyertyánosok pedig 4–5%-ot tettek ki. A maradék területet kb. 20–25%-os arányban, hozzávetőlegesen hasonló kiterjedéssel borítják a fenyvesek és az akácosok.

A község területén előforduló őshonos erdőállomány döntő hányada kora szerint a középkorú (60–65 éves) kategóriába tartozik. 1945 után több hullámban került sor a fenyvesek és az akácosok telepítésére, ezért ezek állománya átlag életkorát tekintve még 2000-ben sem érte el az 50 évet.

Bátaapátin az erdőterület több mint 90%-a évtizedek óta állami tulajdonban van, amelynek kezelői jogával a Baja székhelyű Gemenci Állami Erdő- és Vadgazdaság rendelkezik.

Az 1990-es években lezajló privatizáció során csak jelentéktelen kiterjedésű erdő került magánkézbe.

A község erdeinek vadállománya jelentős, bár számszerű adatokkal e vonatkozásban nem rendelkezik a helyi önkormányzat. Az állomány főként nagyvadakból (szarvas, vaddisznó, őz) áll. A kisebb testű négy lábú vadak (róka, nyúl) és vadmadarak (főként fácán) csak kis számban találhatók a térség erdeiben.

Faj szerinti összetételt illetően a nagyvadak közel felét a szarvasok alkotják, amelyek 3/4 része gímszarvas, kisebb hányada pedig dámvad. Az erdők nagyvad-állományának mintegy harmadát a vaddisznók teszik ki, míg az őzek részesedése a teljes állományból 10–15% közötti.

5. A Nagymórági-völgy és környezetének talajtípusai

Bátaapáti környezetében az alábbi talajtípusokat különítettük el. A Geresdi-dombságot természetes állapotában feltételezhetően a Ramann-féle barnaföld (RAM), agyagbemosódásos barna erdőtalaj (ABET) és öntéstalajok jellemezték. Ezek a talajtípusok ma is megtalálhatóak a területen. Az ABET ma jellemzően a D-i, DNY-i harmadát foglalja el. A másik fő természetes barna erdőtalaj a Ramann-féle barnaföld bizonyíthatóan az É-i és a K-i területfoltokra volt jellemző. Az erdőgazdálkodás és az intenzív fakitermelés megjelenésével az eredeti talajtípusok átalakultak. A tetőhelyzetű területeken a talajvízháztartás és ezzel összefüggésben a mikroklima megváltozása sztyepesedő dinamikát eredményezett.

A barna erdőtalajok sajátossága, hogy magas az erodálhatósági értékük, így a lejtőoldalakon törvényszerű volt a talajok lepusztulása (STEFANOVITS P. 1956). Szélsőséges esetben ez a földes kopárok megjelenéséhez vezetett. A földes kopárok egyben a legrégebben művelt területeket is jelezhetik. Az ennél kevésbé lepusztult barna erdőtalajokról sem megállapítható az eredeti talajtípus (SZALAI Z. et al. 2002).

Az erodált erdőtalajok által kijelölt foltokat a többi talajtípussal és egymással is lejtőhordalék talajok kötik össze. Ezek azonban döntő többségükben olyan kiterjedésűek, hogy azok a térképen nem ábrázolhatóak. Előfordulásuk nem feltétlen köthető a mélyebb fekvésű területekhez, hanem azok a magasabb nyergekben, lejtőpihenőkön is megtalálhatóak. A térképen is jelölt lejtőhordalék talajok így szükségszerűen csak a legjelentősebb helyi erózióbázisok helyeit jelölik ki (SZALAI Z. et al. 2003).

Az egykor természetes állapotban megtalálható öntéstalajok ma már sehol sem találhatóak a tervezett létesítmény környezetében. Helyüket öntési réti talajok vették át, ami nagyrészt emberi beavatkozások eredménye.

A viszonylag keskeny völgytalpak és a fokozott erózióérzékenység miatt a klasszikus értelemben vett réti dinamikán túl a lejtőhordalék képződés és a szedimentáció is erőteljes hatással van a talajfejlődésre az egykori öntéseken (SZABÓ J. 1977).

5.1. A terület talajgenetikai fejlődéstörténete

A terület a helyi klíma és az éves csapadékmennyiség alapján a lombos erdők övezetébe tartozott. A zárt fásszárú vegetáció által létrehozott mikroklíma a talajra jutó csapadék elpárolgását megakadályozva egyértelmű, lefelé történő vízmozgási dinamikát alakított ki. A vegetáció által termelt szervesanyagok elbontásában elsősorban a vegetációra jellemző mikroszkopikus gombáknak jutott főszerep.

A képződött humuszanyagok között a savanyú, kis molekulatömegű, jól oldódó komponensek dominálnak. A folyamatos lefelé történő vízmozgás e humuszanyagokat a talaj mélyebb rétegeibe továbbítja. Hatásukra megkezdődik a talaj mésztartalmának kimosódása, majd az agyagásvány képződés. A vázolt folyamatok végeredményeként kialakul a Ramann-féle barna erdőtalaj.

Az emberi beavatkozás hatására (erdők kiirtása, talajuk feltörése, művelésbe vonása) a talajképződési folyamatok megváltoznak. A művelésbe vont területen megváltozik a képződött szerves-anyagok összetétele és ebből adódóan a lebontását végző mikrobiológiai vegetáció is. A képződött humuszanyagokban a nagy molekulatömegű, kevésbé oldható és kevésbé savanyú komponensek kerülnek előtérbe. Ezzel párhuzamosan a vízmozgás dinamikája is megváltozik, a lefelé tartó mozgást a liftező vízmozgás váltja fel. E vízmozgás hatására megszűnnek a kilúgozási folyamatok, sőt a meszes anyakőzet felől megkezdődhet a visszameszeződés.

Napjainkra e talajok eredeti szintje általában lepusztult, és a vöröses-barna *B* szint kezdett el humuszosodni. A megváltozott körülmények hatására a humuszosodás válik meghatározó folyamattá, így a Ramann-féle barna erdőtalaj fokozatosan átalakul csernozjom barna erdőtalajjává. Az átalakulással párhuzamosan az erózió folyamatosan pusztítja a felszínt, nagyon sokszínű palettát hozva létre a barnaföld és a csernozjom barna erdőtalaj között.

Azokon a területeken, amelyeket csak később, vagy egyáltalán nem vontak művelésbe, vagy a domborzat miatt intenzívebb lefelé irányuló vízmozgással rendelkeztek, a kilúgozás folyamata továbbra is uralkodó maradt. Ennek hatására a képződött agyagásványok lefelé irányuló mozgásba kezdenek. Az *A* szint alsó részéből a kilúgozás a *B* szintbe szállítja, majd ott felhalmozza azokat. Ezért az *A* szint fakóvá válik, a *B* szint felsőrésze vörösbarna, amely fokozatosan megy át sárgába. E folyamatok végeredményeként agyagbemosódásos barna erdőtalaj alakul ki.

Az erózió hatására a talajok felső szintjei kisebb nagyobb mértékben lepusztulnak. Ha a lepusztulás olyan mértékű, hogy már csak az eredeti talaj felhalmozódási szintjének alja található meg, nem lehet eldönteni, hogy eredetileg Ramann-féle barna erdőtalaj, vagy agyagbemosódásos barna erdőtalaj volt-e. Ilyen esetekben a talaj erodált barna erdőtalajnak tekinthető.

4. táblázat. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj vizsgálati adatai *

Mélység, cm	CaCO ₃ %	H %	pH d. víz	Szemcseösszetétel, mm Ø g %								Agyag, %	Iszap, %	Lősz, %	Homok, %	Szín		
				<0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	0,02-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5					0,5<	Nedves	Száraz
0-20	0	1,83	6,6	21,8	6,8	9,1	23,5	20,0	5,9	2,1	2,8	8,0	28,6	32,6	20,0	18,8	2,5Y3/3	2,5Y5/4
20-45	0	0,32	6,6	25,0	5,8	8,1	17,3	21,3	6,6	1,3	2,2	12,4	30,8	25,4	21,3	22,5	10YR4/3	10YR6/3
45-105	0	0	6,0	25,5	5,9	7,0	13,8	24,8	7,0	1,5	2,0	12,5	31,4	20,8	24,8	23,0	10YR4/4	10YR6/3
105-125	3,0	0	8,3	22,2	5,2	8,0	12,6	21,2	8,7	1,7	2,6	17,8	27,4	20,6	21,2	30,8	2,5Y5/6	10YR6/4
125-	17,5	0	8,3	13,3	5,9	7,8	14,9	23,2	7,7	2,3	4,8	20,1	19,2	22,7	23,2	34,9	2,5Y6/4	10YR7/6

* A Nagymórányi-völgy É-i részén, a sportpálya mellett (5. szelvény)

A lejtőhordalék talajok a helyi akkumulációs területeken jöttek létre, kizárólag a felsőbb részekről lehordott talajrészek egymásra halmozásával. Genetikai kapcsolat az esetleges szintek között nincs.

Az öntés réti talajok genetikai fejlettsége is igen gyenge. A talajszelvényre általánosan jellemző, hogy a feltárt rétegek nem genetikaiak, hanem az egykori öntések tanúi. A réti dinamika előtérbe kerülésével a genetikai szintek képződése is megkezdődik.

Agyagbemosódásos barna erdőtalaj

E talajtípus található a terület jelentős részén. A talajképző kőzet szerint két csoportra tagolható, egyrészt a löszön, másrészt a grániton kialakult változatokra. Ebbe a típusba azokat a szelvényeket soroljuk, amelyekben a humuszosodás, a kilúgzás az agyagbemosódás folyamatait az agyagos rész vándorlása és a közepes mértékű savanyodás kíséri. A területen az erodáltság és a terület hasznosítás függvényében számos változat fellelhető. A 4. táblázat talajvizsgálati adatai jellemzik a Nagymórányi-völgyben található felszíneket.

Az 5. szelvény tulajdonságai az alábbiak:

Környezet: Ny-i kitettségű, 35%-os lejtő, völgytalp felett 3 m-rel (a patak emellett további 3 m-t vágódott be az allúviumba).

Növényzet: ritkított cseres–tölgyes erdő, 100%-os borítású lágyszárú aljnövényzettel.

A szelvény mélysége: 140 cm.

A humuszos réteg vastagsága: 20 cm.

Talajtípus: vékony humuszcseres, gyengén agyagbemosódásos, nedves állapotú barna erdőtalaj.

Lejtőhordalék talaj

E típus talajainál a szelvény egyes rétegeit nem köti össze genetikai kapcsolat, mert azok nem a helyi talajképződés eredményei, hanem csak a magasabban fekvő területekről lehordott talaj- és kőzetrészek egymásra halmozása útján jöttek létre. A lejtőhordalék talajok morfológiai bélyegei a hordalékszállítás mértékétől és ütemétől, valamint a szállított hordalék talajtani jellegétől függnék (5–6. táblázat).

5. táblázat. A lejtőhordalék talaj fontosabb jellemzői

Mélység, cm	Szín	CaCO ₃ %	H %	pH d. víz	Ca mgeé/ 100g	Mg mgeé/ 100g	Na mgeé/ 100g	K mgeé/ 100g	S mgeé/ 100g
0–150	2,5 Y 4/4	1,2	0,97	7,0	13,08	3,28	0,13	0,13	16,62
150–	2,5 Y 6/2	3,7	0,21	7,9	13,33	2,60	0,20	0,10	16,22

6. táblázat. A lejtőhordalék talaj mechanikai összetétele

Mélység, cm	Szemcseösszetétel, mm Ø g %								
	<0,002	0,002–0,005	0,005–0,01	0,01–0,02	0,02–0,05	0,05–0,1	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5<
0–150	36,4	7,9	7,9	15,5	29,8	1,0	0,7	0,4	0,4
150–	28,7	8,3	10,4	17,2	31,3	1,3	1,2	0,7	0,9

Ramann-féle barna erdőtalaj

E talajtípus jellemző a Nagymórággyi-völgy nagy részén, és a Hilda-völgy völgytalpán és lejtőoldalain különböző erodáltsági fokban. A humuszosodás, valamint a kilúgozás folyamatához csak az erőteljes agyagosodás és a gyenge savanyodás járul. A kilúgozási és a felhalmozódási szint agyagtartalma közötti különbség, a két szint agyagtartalmának hányadosában kifejezve nem haladja meg az 1,2-et, ugyanakkor mindkét szint több agyagot tartalmaz, mint a talajképző kőzet (7. táblázat).

7. táblázat. A Nagymórágai-völgyben feltett barna erdőtalaj talajvizsgálatai adatai az 1. szelvényben

Szint	Mélység, cm	Szin	CaCO ₃ , %	H %	pH d.víz	Ca mgés/ 100g	Mg, mgés/ 100g	Na mgés/ 100g	K mgés/ 100g	S mgés/ 100g	Szemcsozsetétel										Lósz	Homok	
											mm Ø g%												
											<0,002	0,002– 0,005	0,005– 0,01	0,01– 0,02	0,02– 0,05	0,05– 0,1	0,1– 0,2	0,2– 0,5	0,5– 0,5<				
A	0–4	10–YR–3/3	5,0	4,73	4,7	9,1	2,1	0,1	9,00	20,2	27,9	11,3	3,1	15,1	29,7	2,5	1,4	0,6	1,4	39,2	24,2	29,7	5,9
B	4–100	2,5–Y–4/4	6,2	–	3,6	1,2	0,7	0,0	1,50	3,4	29,9	10,7	10,5	14,8	29,4	1,8	0,2	0,4	0,6	40,6	25,3	29,4	3,1
C	100–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Csernozjom barna erdőtalaj

Ez a talajtípus a tetőfelszínek vízvásztó helyzetben lévő sík területeit érinti, ahol a felszíni löszösszleten alakult ki. Jó vízgazdálkodású és víz-áteresztő-képességű talaj. Lejtőhelyzetben a vizsgált területen nagy részben lepusztult, áthalmazódott, ép talajszelvényei csak foltokban találhatók (8. táblázat).

Réti öntés talaj

E talajtípus a mélyebben fekvő térszíneken, a völgyekben jelenik meg a területen. A réti talajokra jellemző humuszképződés, valamint az öntésterületek hordalékanyagának rétegzettsége és kialakulatlansága egymás mellett jelenik meg. Szerkezetük gyengén kialakult, legtöbbször csak gyengén szemcsés.

6. Domborzati formák

A részletesen megkutatott vízgyűjtő terület domborzati formáit a Nagymórágai-völgyben 1: 5000 ma., a Hilda-völgyben 1: 2000 ma. geomorfológiai térképen mutatjuk be (6., 7. ábra).

A Nagymórágai-völgy felszíndarabja a Hutai-patakon keresztül a Lajvér-patak vízgyűjtőjéhez tartozik, amelyeknek széles eróziós völgytalpai helyi erózióbázis szintek.

A paleozóos alaphegység jórészt negyedidőszaki üledékekkel fedett felszínét sűrű és mély, eróziós és derázióval átalakított eróziós völgyek tagolják, amelyek meredek, 50–300 m hosszú lejtőszakaszokkal kapcsolódnak a tetőszintekhez és völgyközi hátakhoz. A 20–40 m vastag lösztakaróval fedett, kiemelt helyzetű egykori tetőszintek a terület pleisztocén óta tartó felszínfejlődése során gyakran csak 30–100 m széles gerincekké, völgyközi hátakká keskenyedve jelzik a Nagymórágai-völgy fő vízvásztója mentén a valamikor nagyrészt egységes lösztakaró 230–260 m tszf-i magasságú eredeti felszínét.

A lepusztulásból kimaradt tetőszintek, gerincek, völgyközi hátak lejtői kisformákban gazdagok; lejtőpihenők, csúszáshalmazok, deráziós fülkék, víz-

8. táblázat. A Nagymórágnyi-völgy D-i vízválasztóján felvett csernozjom barna erdőtalaj vizsgálati adatai (3. szelvény)

Szint	Mélység, cm	Szín	CaCO ₃ %	H %	pH	Ca mgéél/ 100g	Mg mgéél/ 100g	Na mgéél/ 100g	K mgéél/ 100g	Szemcsoösszetétel mm Ø g %								Agvagy	Iszap	Lész	Ho- mok	
										<0,002	0,002- 0,005	0,005- 0,01	0,01- 0,02	0,02- 0,05	0,05- 0,1	0,1- 0,2	0,2- 0,5					0,5<
A	0-1	10YR 4/2-3	6,7	7,31	7,2	36,79	41,60	0,15	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	20-32	10YR 5/4	2,9	1,62	7,3	23,71	2,72	0,46	0,15	33,1	10,5	7,6	15,2	31,1	1	0,5	0,3	0,6	43,6	22,8	31,1	2,4
B	32-53	10YR 5/4	5,4	-	7,7	-	-	-	-	33,5	11,6	9,9	15,3	22,4	0,9	1,4	1,5	3	45,1	25,2	22,4	6,8
C	53-	10YR 4/4	7,5	-	7,7	-	-	-	-	35,1	8,5	8,2	15,1	20,4	1,4	2	2,3	6,7	43,6	23,3	20,4	12,4

mosások, aszóvölgyek, mélybarázdák jelzik a többségében erdővel fedett meredek lejtőszakaszok tömegmozgásokkal szembeni érzékenységet.

6.1. Tetőszintek, tetőhelyzetű gerincek, völgyközi hátak

A Nagymórágnyi-völgy területén a tetőszintek lényeges szerkezeti-morfológiai sajátossága, hogy ÉÉNy–DDK-i és ÉK–DNy-i fő irányban helyezkednek el, jelentős mértékben környezetük fölé magasodnak: a Nagymórágnyi-völgy K-i oldalán 250–260 m tszf-i magasságban, a Hilda-völgy peremén pedig 230–255 m magasságban. A fő vízgyűjtő területek vízválasztóit hordozzák. Az eróziós, deráziós folyamatok hatására és kisebb részben szerkezeti mozgások során alakultak ki a löszös térszín legegységesebb felszíndarabjai. A 250 m tszf-i tetőfelszínek sok helyütt 10–50 m-es gerincek-ké keskenyedve kapcsolódnak egymáshoz (5. kép) számos vízválasztó nyereg vonalában, ahol az azonos irányú, de ellentétes lejtőkbe vágódott magas völgyfők már részben elnyesték a tetőszintek közel sík területeit.

A völgyfelszínek lejtőibe vágódott völgyeket kísérő, lösszel fedett völgyközi hátak fejlődését a felszíni leöblítés mellett az antropogén hatások befolyásolják a legnagyobb mértékben. A tarvágás, mezőgazdasági művelés, löszmélyutak képződése stb. eredményeként felgyorsult erózió miatt ma mindenütt lekerekített formák és pusztuló domború és homorú lejtők jellemzik a keskeny völgyközi hátaakat.

A különböző típusú mellékvölgyek intenzív fejlődése következtében a köztes területeken átlagosan 50–100 m széles völgykö-



5. kép. 10 m széles gerinccé keskenyedett tetőfelszín a Nagymórággyi-völgy Ny-i vízválasztóján

zi hátaik formájában maradtak fenn, de gyakoriak a 20–50 m keskeny, csipkézett peremű völgyközi hátaik is (BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2002).

Az eróziós és deráziós völgyek jelenleg erdővel fedettek, amely stabilizálja a völgyfőket, antropogén hatásra azonban a felszínfejlődés felgyorsulhat, amely következtében a lösszel fedett tetőszintek, gerincek, völgyközi hátaik ma is fokozatosan pusztulhatnak, keskenyedhetnek.

A Nagymórággyi-völgy D-i vízválasztóján az ÉNy–DK irányú eróziós–deráziós völgyfő a vízválasztó helyzetben lévő szerkezeti nyereg mentén lassan elnyelheti a gerinccé keskenyedett tetőfelszín területét, amely következtében a fő vízválasztó vonala megváltozhat, kaptúra alakulhat ki a mórággyi oldali vízgyűjtő irányában. Hasonló helyzetű kaptúra alakulhat ki a Hilda-völgy Ny-i, fő vízválasztóján jelzett szerkezeti nyereg mentén is.

6.2. Eróziós völgyek

Kialakulásuk és fejlődésüket szoros kapcsolatban van a löszös domb-ság feldarabolódásával, a tetőszintek, löszös hátaik kialakulásával. A széles talpú mély völgyekben, mint a Hutai-patak völgye és a Nagymórággyi-völgy völgytalpa a szerkezeti preformáltság mellett a völgyek fejlődésüket döntő



6. kép. A Nagymórági-völgy völgytalpa

mértékben a lineáris erózió szabta meg, de formálódásukban a periglaciális szoliflukciónak, a lejtőleöblítésnek és a deráziós mellékvölgyek kialakulásának is fontos szerepe volt (6. kép). A völgytalpon lefutó patakvizek elszállították a mellékvölgyek torkolatainál képződött lejtőhordalékokat, így jelentősebb hordalékkúpok nem alakultak ki a völgykijáratokban. A vizsgálati területet képező völgy vízgyűjtőjén több mellékvölgyben ideiglenes vízfolyás található, a forrás vízhozamból eredő Nagymórági-völgy vize állandó jelleggel csak a völgy erózióbázis feletti szakaszán 1 km hosszban észlelhető. Valószínűleg a holocén csapadékosabb klímaszakaszaiban több eróziós–deráziós völgyből, a lineáris erózió fokozódása következtében állandó vízfolyású eróziós völgygé alakulhatott át (BALOGH J.–JAKAB G.–JUHÁSZ Á.–SZALAI Z.–TINER T. 2003).

6.3. Eróziós–deráziós völgyek

Ebbe a formatípusba tartoznak a Nagymórági-völgy vízgyűjtőjének összes olyan korábbi szárazvölgyei, amelyek eredetileg deráziós völgyként alakultak ki, alakrajzi és egyéb morfológiai sajátosságai alapján több-kevésbé még ma is a deráziós völgyekre emlékeztetnek, de már időszakos vízfolyásuk van. Az időszakos vízfolyások a paleozóos gránitfelszín és a negyedidőszaki üledékek határán fakadó vizekből erednek. A vízgyűjtő K-i oldalán levő két 20–30 m mély eróziós–deráziós völgy völgytalpára roskadt, megcsúszott völgyoldali



7. kép. A Hilda-völgy eróziós-deráziós völgye

üledékek anyagába, lineáris eróziós vízmosások vágódtak be.

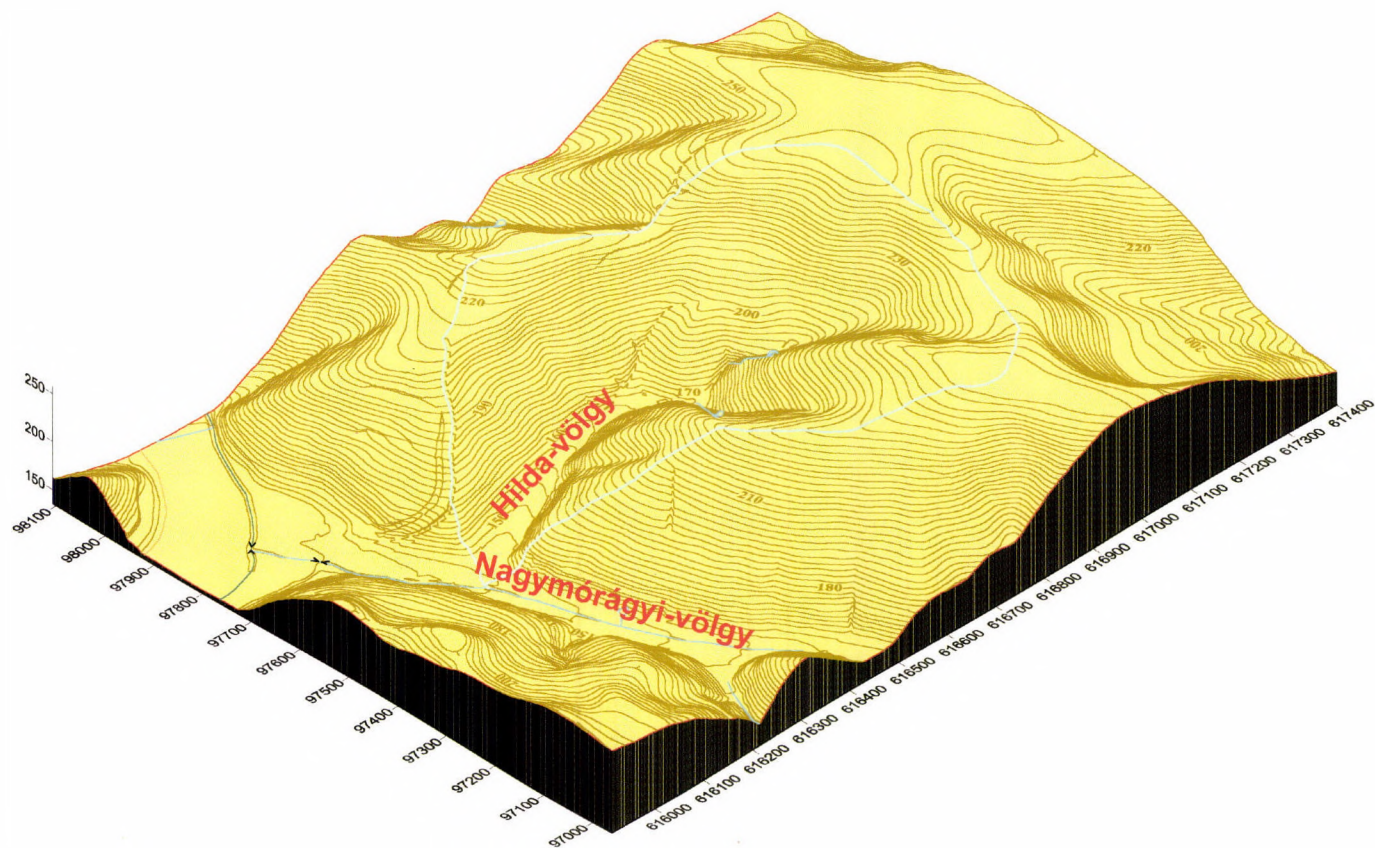
A Hilda-völgy eróziós-deráziós völgytalpa 40–50 m széles, amely a völgy közepe fele fokozatosan szélesedik. Innen indulnak ki a völgy fő vízválasztójának irányába a vízmosások és az eróziós-deráziós mellékvölgy (7. kép, 12. ábra).

6.4. Deráziós völgyek

A száraz deráziós völgyek leggyakrabban teknő vagy tál alakú, homorú és domború lejtőkkel határolt, sok esetben völgytalp nélküli, hosszanti mélyedések. Méretük, akárcsak formájuk, nagyon különböző, a löszös területek legelterjedtebb felszíni formái. Legfontosabb morfológiai tulajdonságuk, hogy nincs állandó vízfolyásuk, a völgyfő felé jelentékenyen kiszélesednek. Kizárólag nagyobb esőzések és záporok alkalmával folyik le bennük a víz.

Jellegzetes tál alakú, többnyire völgytalp nélküli a keresztmetszetük, a felületi erózió – felszíni leöblítés, szoliflukció, csuszamlásos mozgások stb. – és a vonalas erózió kölcsönhatásában alakultak ki.

A hosszan elhúzódó völgyfők jellegzetes felső szakaszának hátrálása a háta és a tetőszintek területét veszélyezteti. Sűrű hálózattal irányt szabnak a felszín morfológiai fejlődésének és területenként különböző mértékben befolyásolják a vízháztartás térbeli rendjének alakulását. A deráziós völgyek



12. ábra. A Hilda-völgy eróziós-deráziós völgyének és vízgyűjtőjének domborzatmodellje



8. kép. Deráziós völgyfő a Nagymórágvi-völgy Ny-i oldalán

fejlődésük során több helyen megnyitották a talaj- és rétegvízadó összeleteleket. Az így kialakult állandó vagy időszakos vízfolyások jelentik a deráziós völgyek fejlődésében a döntő változást. A Nagymórágvi-völgy Ny-i oldalán ábrázolt deráziós völgy fejlődésének tendenciáját is e folyamatok fogják meghatározni (8. kép).

6.5. Eróziós vízmosások, aszóvölgyek, mélybarázdák

A formák fejlődésük során a bennük lefolyó csapadékvizek eróziós hatására „érdemlik ki” más-más erodáltsági állapotban megnevezésüket.

A mélybarázdák a lejtőkön gyorsan harapódnak hátra a fedetlen vagy az eróziótól nem kellőképpen védett lejtőszakaszok, a lejtő inflexiós sávja felé. A bennük lefolyó csapadékvizek különösen nagy záporok idején patakokká is növekedhetnek, míg a mélységük függvényében és a vízáadó rétegeket megcsapolva aszóvölgyekké és vízmosásokká válnak. A térképezett területen a nagy esésű függő deráziós völgyfőkön, a meredek lejtőszakaszokon, a völgyközi hátak peremein és a nagy reliefenergiájú völgylejtőkön jellegzetes a mélybarázdák.

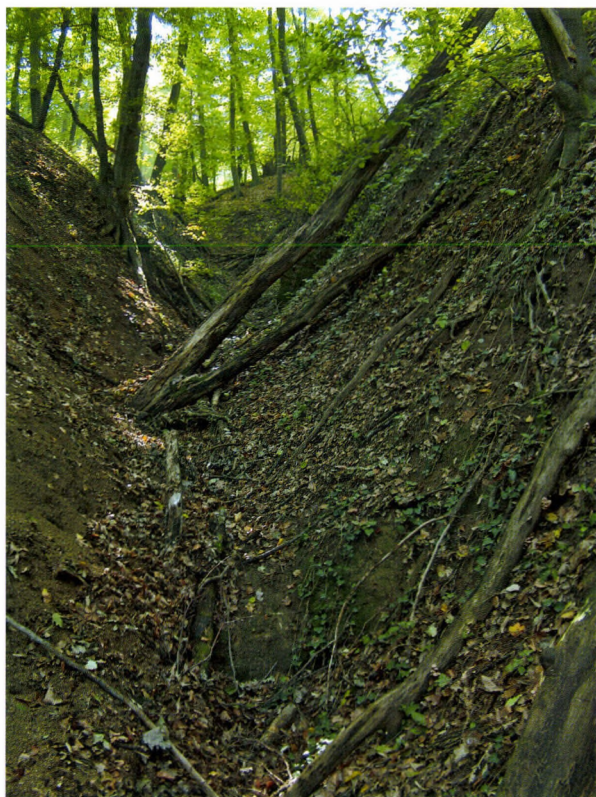
A vízgyűjtő területen kialakult negatív formák többsége nem éri el az 5 m-es mélységet, de a Hilda-völgy D-i oldalában a 200–250 m hosszú

eróziós vízmosás a felszínbe 45 m mélységben is bevágódik. A vízmosások talpai antropogén hatásra vagy omlásos folyamatok következtében könnyen betemetődnek, de nagyobb esőzések, záporok alkalmával ismét megnyílnak, könnyen ki is újulnak.

A Nagymórággyi-völgy vízgyűjtő területén az 1950-es évek végéig hagyományosan szőlőtermesztést folytattak. Az évszázadok alatt változó birtokhatárok mentén használt földutak állandóan változtak. Egy-egy felhagyott földút vonalában alakultak ki a Nagymórággyi-völgy Ny-i és a K-i lejtőiben és a Hilda-völgy völgynyaki lejtőiben a vízmosások és a mélybarázdák (9. kép).

6.6. Derázios fülkék

A geomorfológiai térképen ábrázolt kerekded és ovális alakú kisformák a völgyoldalak lejtőin, a löszhátak peremein és a derázios völgyek völgyfőiben



9. kép. Eróziós vízmosás a Nagymórággyi-völgy Ny-i oldalának 35%-os meredek lejtőjében

alakultak ki. Ezek a kisformák kivétel nélkül jelenkori kifejlődésűek, genetikájuk azonos a deráziós völgyekével (völgykezdemények), számuk azonban gyakoribb. Elsősorban ott alakulnak ki, ahol a felszín lefolyásviszonyainál fogva a lineáris és a felületi erózióval együtt járó talajeróziós folyamatok hatékonyabbak. Ovális alakjuk tömegmozgásos folyamatok során is kialakulhat, felszínmozgásos területet is jelölhet (10. kép).

6.7. Lejtőpihenő

Meredek lejtőszakaszok lankásabb, gyenge lejtésű, jellegzetes ovális alakú formája, amelynek felszíne három irányba is lejtősödhet. Kisebb völgyek, deráziós fülkék köztes formája. A tetőfelszínhez mindig meredek lejtővel csatlakozik. Morfológiai sajátosságait eróziós és deflációs folyamatok alakítják, de mint már régen stabilizálódott fosszilis csuszamláshalmaz is képződhetett a holocén során (11. kép). Ilyen felszíni forma a Nagymórágyi-völgy É-i részén a topográfiai térképen Rác-hegynek nevezett 200–210 m magas felszíndarab, amelynek közepén vízválasztó nyereg található, amelybe deráziós fülke vágódik hátra. Itt is kialakulhat a lejtőpihenő keskeny felszínén a kaptúra.



10. kép. Deráziós fülke ívelt lapos karéjai a Hilda-völgy ÉK-i völgyfőjében



11. kép. Lejtőpihenő a Hilda-völgy középső részén



12. kép. Fosszilis csuszamláshalmaz pereme a Nagymórági-völgy Ny-i oldalának felső szakaszán

6.8. Csuszamláshalmaz

A tömegmozgásokkal veszélyeztetett lejtőknek jellegzetes, a lejtőpihenőhöz hasonló kisformája. A csúszáshalmaz felett általában követhető a csúszós szakadás peremének karéja.

A Nagymórági-völgy Ny-i oldalában a Rác-hegytől D-re a deráziós és eróziós-deráziós völgyek között 220 m és 160 m tszf-i magasságban két fosszilis csuszamláshalmaz található, amely morfológiai helyzete és formája szerint a holocén csapadékosabb időszakában keletkezhetett és régebben stabilizálódott (PÉCSI, M.–JUHÁSZ, Á.–SCHWEITZER, F. 1979) (12. kép).

6.9. Vízvásztó nyereg – deráziós nyereg

A domborzati formák közé beékelődött keskeny vízvásztó gerincek leggyakrabban szomszédos völgyfők, löszhátak között találhatók. Kialakulásukban főleg a hátravágódó eróziónak és a felszíni leöblítésnek van szerepe.

A Rác-hegyen átfutó fő vízvásztón 200 m tszf-i magasságban, a Nagymórági-völgy D-i oldalán a fő vízvásztón 215 m tszf-i magasságban és a Hilda-völgy Ny-i oldalán a fő vízvásztó tengelyében 240 m tszf-i magasságban található vízvásztó nyergek területén alakulhatnak ki kaptúrák (13. kép).



13. kép. Vízvásztó nyereg a Nagymórági-völgy Ny-i oldalának fő vízvásztóján, a Rác-hegy lejtőpihenőjének 200 m tszf-i magasságú felszínén

6.10. Lejtőtípusok

A lejtőn általában jelzéssel jelöltük az 5%-nál meredekebb stabil lejtőszakaszokat. Meredek lejtőszakasznak minősítettük a 25%-os lejtésnél meredekebb lejtősodéseket, amelyek már szántóföldi művelésre nem alkalmasak.

Barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők ott találhatók, ahol már a lineáris erózió mértéke úgy fokozódott, hogy a mélybarázdák mélysége 0,5 m-nél nagyobb és fennáll a vízmosásos erózió kialakulásának lehetősége, vagy már kialakult vízmosások szabdalják a lejtőszakaszt.

6.11. Csuszamlásveszélyes lejtők

Csuszamlásos lejtőszakaszokkal jelöltük a stabilizálódott fosszilis csuszamlásos formákat tartalmazó lejtőket, valamint a Hilda-völgy ÉNy-i völgyoldalában található lejtőpihenőt és a deráziós fülke között ábrázolt lejtőszakaszt.

A lösszel fedett vízgyűjtő lejtős területeinek néhány kisebb völgyszakaszát fosszilis csuszamlások formái és formamaradványai jellemzik. Az itt előforduló hepehupás felszínek domború lejtőjű, „hát-”, „halom-” és „púpszerű” formái egytől-egyig fosszilis csuszamlások emlékei. A fosszilis csuszamláshalmozatok hidrogeológiai adottságaiknál fogva (felszíni lefolyás, talajvíz elhelyezkedés, rétegforrások, rés- és szivárgó vizek), valamint antropogén befolyás hatására magukban hordozzák a csuszamlás aktivizálódásának feltételeit.

Az érintett völgylejtőkön (6., 7. ábra) kialakult csuszamlásrendszer nem egyidejűleg keletkezett, hanem különböző időszakokban többször megismétlődött csúszásokkal, leszakadásokkal alakult ki. A lassú lejtőmozgásra utalnak a lejtőt borító szálfáknak a lejtő irányába történő erős megdőlései (14. kép).

A mélyen bevágódott völgyek és földutak oldalában a terepbejárások során csuszamlásra utaló réteglapot csak a Hilda-völgy É-i lejtőjébe bevágódott eróziós vízmosás oldalában találtunk. Ez a csúszólap negyedidőszaki agyagos, fosszilis talaj felületén alakult ki, a lejtős tömegmozgás a csúszólap anyagát elkeskenyítette, elkente, miközben a felette található üledéksort lejtőirányban mozgatta (15. kép). A Hilda-völgy É-i részén egy 100 m-es tereplépcső övezi a tetőfelszín peremét, amely lehet a térképen jelölt csuszamlásos lejtőszakasz karéjos szakadásos része, roskadásos folyamatok bizonyítéka (PÉCSI M. 1971a,b; SCHEUER, GY.–SCHWEITZER, F. 1979) (16. kép).

6.12. Antropogén formák

A Hilda-völgy É-i fő vízválasztójának vonalában két löszmélyút húzódik. A felhagyott löszmélyút nyomvonalát az 1784-es I., valamint a II. és III. kato-



14. kép. A fák dőlése jelzi a csuszamlásveszélyes lejtőszakaszt a Nagymórággyi-völgy Ny-i oldalán



15. kép. A Hilda-völgy eróziós vízmosásában feltárt csúszólap



16. kép. Tereplépcső a Hilda-völgy É-i részén a fő vízválasztó alatt



17. kép. Löszmélyút a Hilda-völgy É-i részén a vízválasztó vonalában

nai térképészeti felmérés alapján szerkesztett topográfiai térképen, további a közelmúltban kiadott topográfiai térképeken is jól nyomon lehet követni (13. ábra).

A felhagyott löszmélyút szélessége 5–6 m, mélysége 2–4 m. Miután vízválasztó helyzetben van, bevágódását elsősorban antropogén hatások idézték elő, az utóbbi 200 évben. Az új – közvetlenül mellette húzódó – földúton a lineáris erózió hatásai a lejtőviszonyok miatt felgyorsulnak, barázdás eróziós bevágódások a rendszeres karbantartás miatt nem látszanak. Az új és a régi utat löszfalszerű mesterséges talajtömb választja el (17. kép).

A Nagymórággyi-völgy középső szakaszán a gránitmurva helyi használatra történő hasznosítására illegális bánya található.

7. Lejtőkategóriák és lejtősödés

A terület felszabdaltságának következtében a lejtősödés igen jelentős, a lejtőkitettségek és a reliefenergia viszonyok változatosak. Emiatt a domborzati paraméterek különböző sajátosságainak területi vizsgálata részben elméleti, részben pedig gyakorlati szempontból fontos, befolyásolnak néhány jelenkori felszínformáló folyamatot és említésre méltó mikro- és makro-geomorfológiai módosulásokat okoznak (pl. talajerózió, földcsuszamlás). A domborzati elemek e néhány sajátosságának térbeli elterjedése a legszorosabb kapcsolatban lehet a pleisztocén kori tektonikus mozgásokkal.

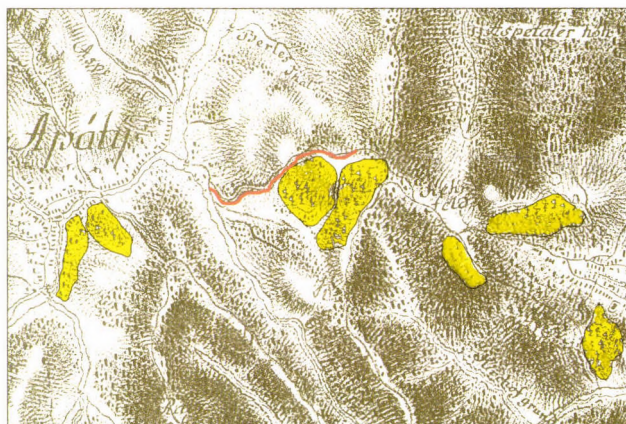
A Nagymórággyi-völgy fő vízválasztója által határolt területen a lejtős felszínek kiterjedése nagyon jelentős (kb. 90%), ezért a Nagymórággyi-völgy területét 1: 5000 méretarányban, míg a Hilda-völgy területét 1: 2000 méretarányban dolgoztuk fel (14., 15. ábra).

Az 1: 5000 ma. térképen a 0–5%, 5–12%, 12–25%, 25–35% és 35% feletti lejtőtartományokat ábrázoltuk, míg az 1: 2000 ma. Hilda-völgyi lejtőkategória térképen 0–5%, 5–12%, 12–17%, 17–25%, 25–35%, 35–40% és 40% feletti lejtőtartományokat tüntettük fel. A lejtőkategóriáknál a talajeróziós számítások gyakorlatában használt %-os beosztást alkalmaztuk (a 100% tehát a 45°-os lejtőszögnek felel meg).

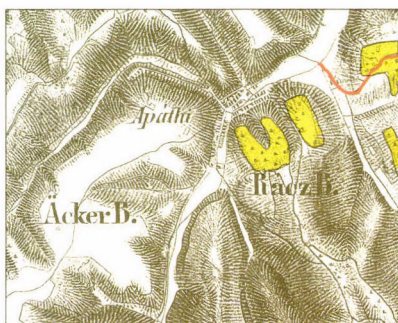
A 0–5% közötti lejtőkategória értékekkel a keskeny tetőfelszíneket, keskeny gerinceket és völgyközi hátaikat, a lejtőpihenőket, a csekély lejtésű és a széles völgytalpú – alluviális eróziós – völgytalpakat jellemezhetjük.

5–12% közötti lejtősödési értékek a tető helyzetű felszínek peremein és a keskeny lejtős völgytalpakon, valamint a meredek lejtőszakaszok peremein általában keskeny, néhol kivastagodó sávban kísérik a domborzatformákat.

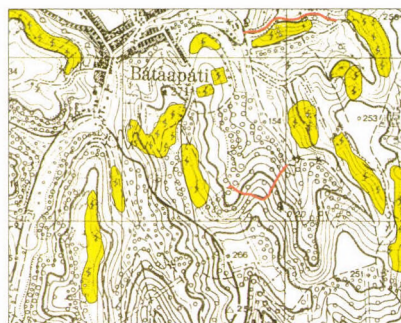
12–25% közötti értékek a lejtős völgyközi hátaikon és a völgyoldalakon találhatók. Ezeket a szakaszokat szántóföldi művelésben hasznosítják az erdős területek között.



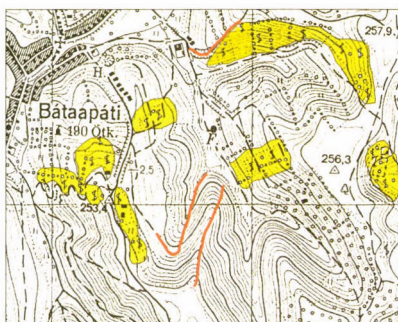
1784



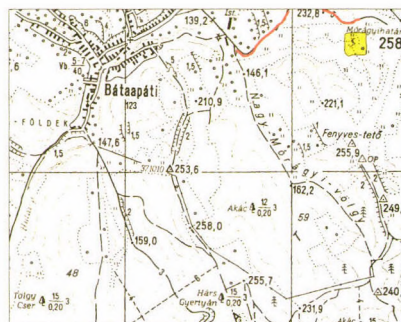
1859



1880- alapján 1950



1955

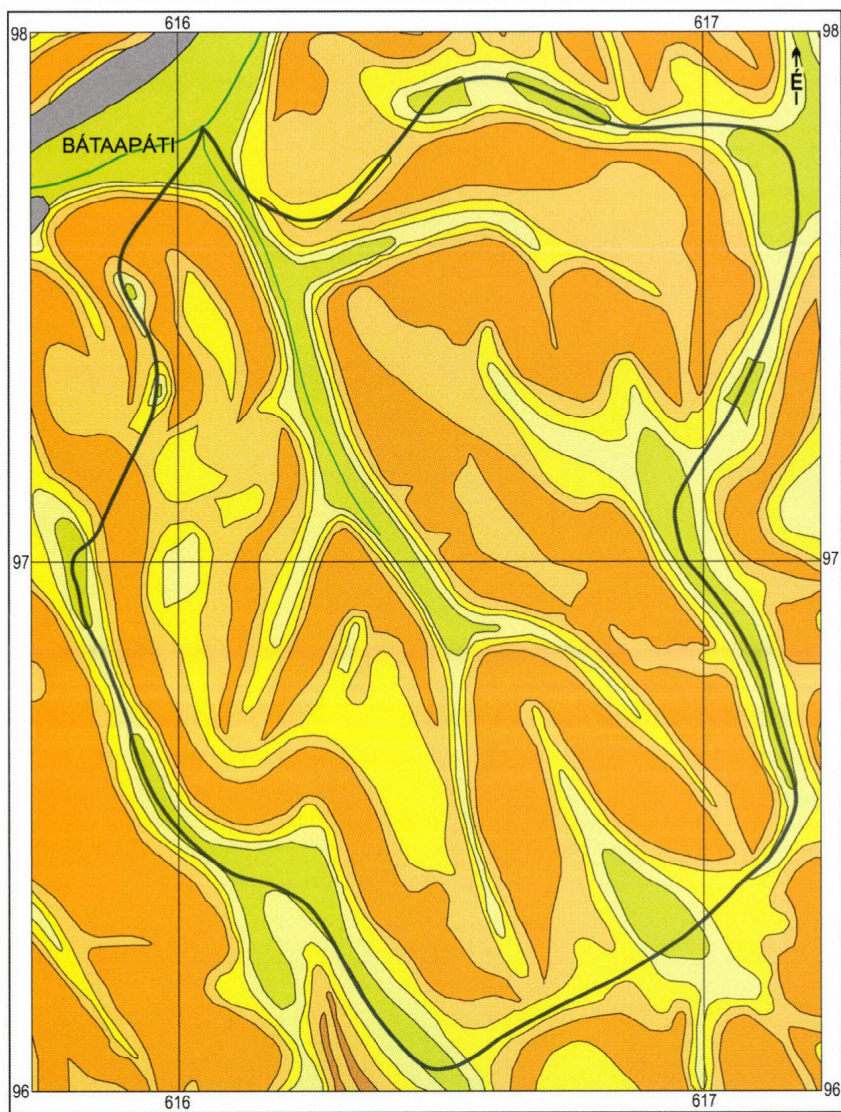


1976

13. ábra. A löszmélyutak (pirossal) és a szőlőterületek (sárgával) változása 1784–1976. évi térképek alapján

14. ábra

A NAGYMÓRÁGYI-VÖLGY LEJTŐKATEGÓRIA TÉRKÉPE



A felszín lejtése



0—5%



12—25%



35% felett



5—12%



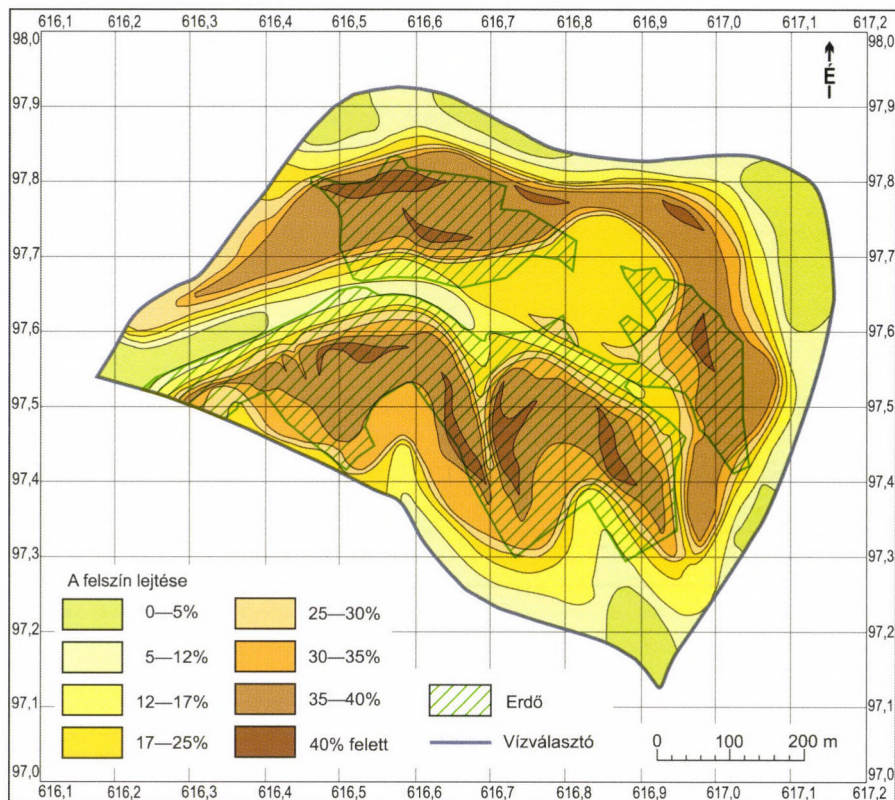
25—35%



Vízválasztó

0 100 200 m

A HILDA-VÖLGY LEJTŐKATEGÓRIA TÉRKÉPE



25–35% közötti értékek igen jelentős kiterjedésben jellemzik a lejtősödést, részben ezekbe a szakaszokba vágódnak be és vissza a deráziós és eróziós–deráziós völgyek.

35% feletti lejtősödések a terület uralkodó lejtőkategóriái. Felszínüket lombos erdőtakaró védi az eróziótól. Igen érzékeny, lösszel fedett területek, felszínrészeiken gyakoriak a vízmosásos és mélybarázdás eróziók, a csuszamlásos tömegmozgásos folyamatok.

35–40% közötti és feletti lejtőszakaszok a Hilda-völgy D-i részén található mély eróziós vízmosás oldalában lombos erdővel fedett meredek lejtőszakaszok, amelyek meredekségük folytán barázdás erózióra igen érzékeny felszínek. Lejtőhosszuk sehol nem haladja meg az 100 m-t.

Az 1: 5000 ma. és az 1: 2000 ma. lejtőkategória térképen a nagyfokú lejtősödés miatt az összes jellemző lejtőalak vizsgálható, amely közel egyenes vonalú, domború és homorú szakaszokból összetett lehet. Ezek megszabják az eróziós folyamatok lejtőalakítását, a pusztítás és felhalmozás helyi hatását.

A Nagymórággyi-völgy vízgyűjtőjéről szerkesztett ÉK–DNy irányú Catena-szelvény ábrázolja a domborzati formák lejtősödését, a területhasználat, a talajtani vonatkozások és eróziós folyamatok tükrében (16. ábra).

Az erózió a közel egyenes vonalú lejtőn a középső és alsó harmadrészben rombolja a felszínt. A domború lejtőn a talaj a lejtő alsó harmadában erősen károsodik, viszont a felső harmadában változatlan marad, vagy csak kis mértékben pusztul. A középső szakaszban a kitettség fokától függően a lejtő inflexió pontja felett igen kevésbé változik, alatta viszont a felszíni lepusztulás mértéke nő.

A homorú lejtőn, a felső és a középső szakasz inflexió sávja felett a lejtőalak gyorsan változik, pusztul, az alsó harmadában viszont a ráhordás alakítja jelentősen a lejtőformát. A vizsgált területen a rövid, nagyfesű, hosszú, egyenes vonalú, domború és homorú lejtőszakaszokból összetett lejtőformák egyaránt jelentős mértékben találhatók, amelyeken az előbb említett felszínalakító folyamatok összetetten és szakaszosan, a lejtők mentén változóan jelentkeznek.

A lejtő alaktani vizsgálatából a lejtőkitettségből, valamint az azt borító lejtőüledékek tanulmányozása alapján következtetni lehet a lejtőt korábban alakító folyamatokra, de a várható további fejlődésre és lejtőmozgásra is (17., 18. ábra). Ezek ismerete pedig mérnökgeomorfológiai szempontból a műtárgyak biztonságos tervezése miatt egyre nagyobb jelentőségűvé válik. A lejtősödéseket a %-os kategorizálás keretében az erózióveszélyeztetettség típusai szerint is jellemeztük.

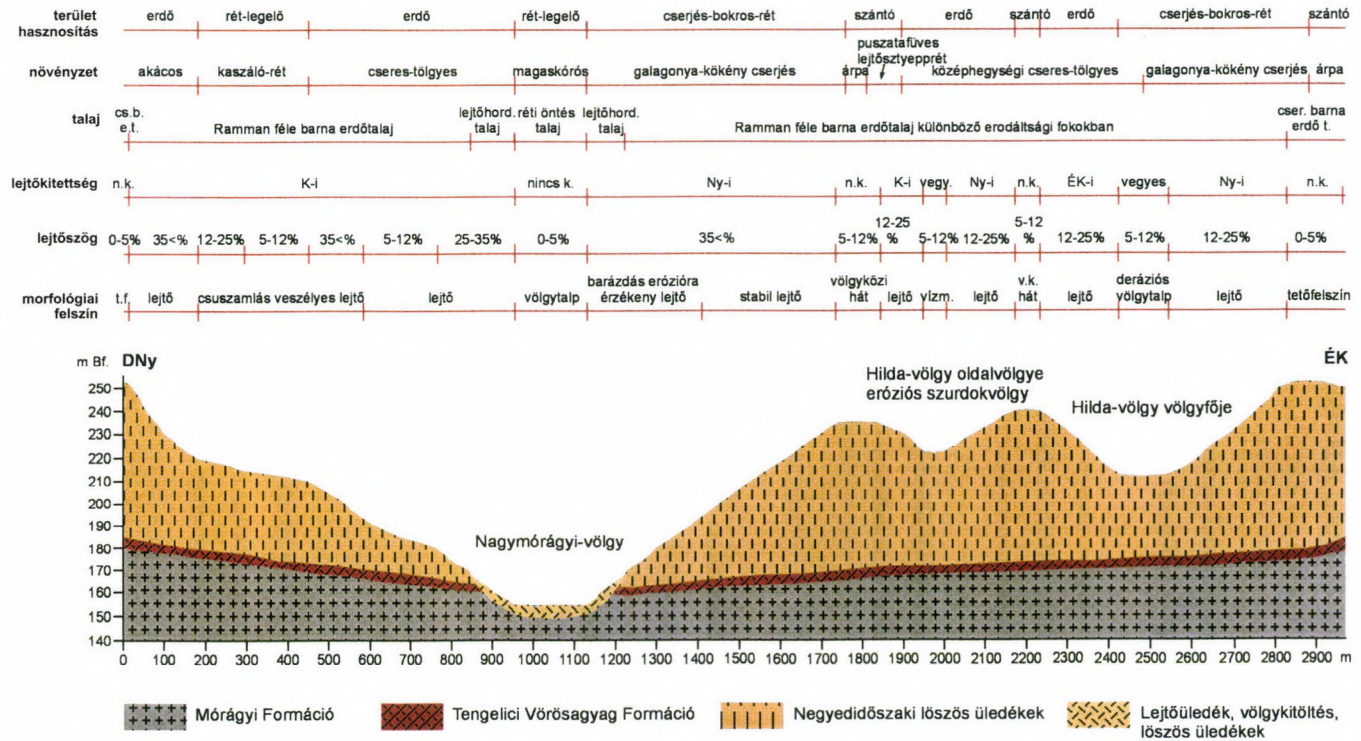
Az erdővel fedett felszíneken a lejtősödéstől függetlenül erózió nincs. A fedetlen mezőgazdasági művelésű vagy parlag területeken a különböző lejtőtartományokban a tapasztalatok szerint az erózió különböző típusai jellemzők.

7.1. Reliefenergia (domborzattagoltság)

A reliefenergia térkép a Nagymórággyi-völgy és Hilda-völgy felszíni élénkségének egy olyan ábrázolása, amely a domborzat tagoltságát egy-egy területegységen belül mérőszámmal jelöli (19. térkép). Ez a fajta térkép a vizsgált területet az EOVS négyzethálózattal azonos területű négyzetekre bontja.

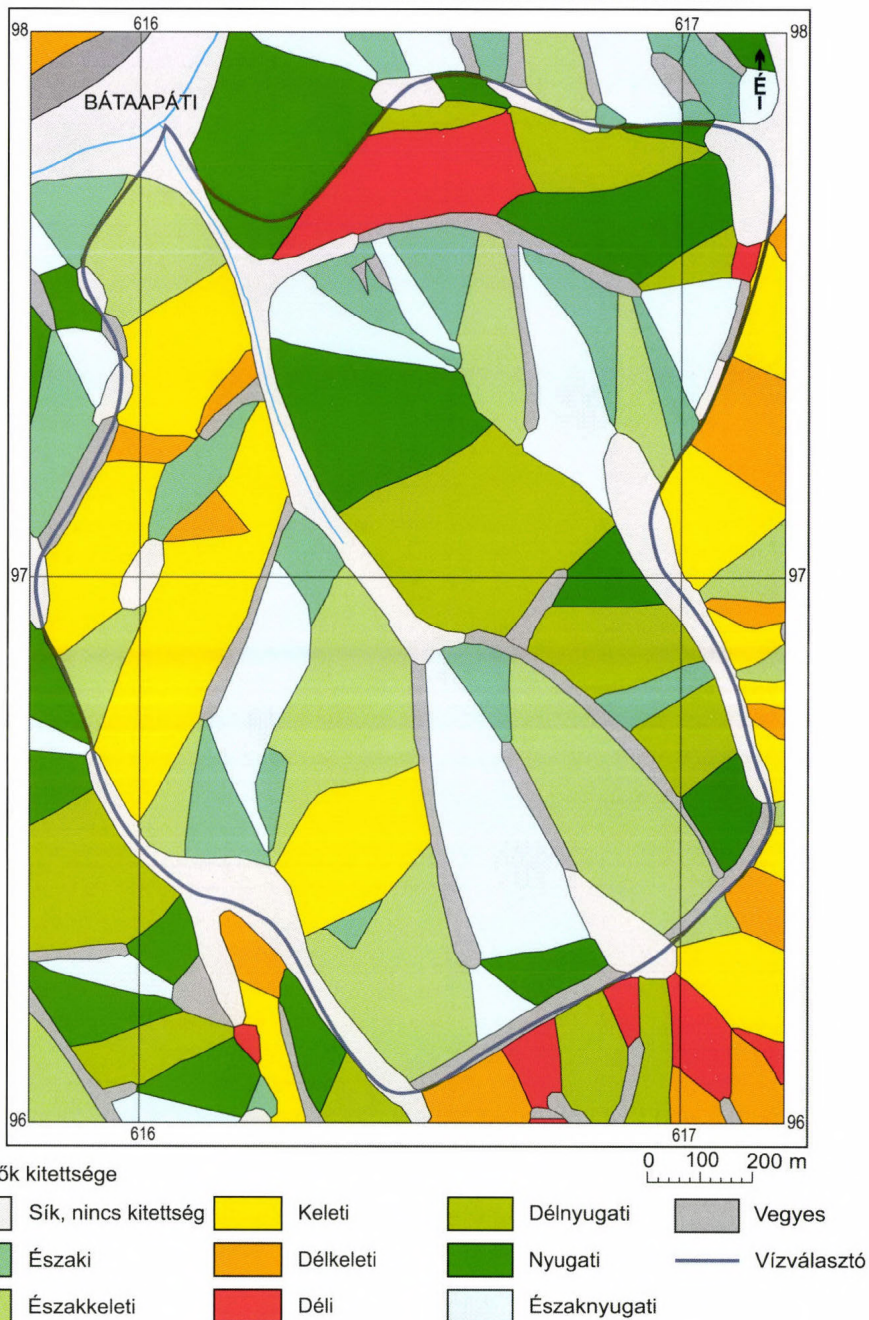
Egy-egy négyzeten belül megkeressük a legalacsonyabb és legmagasabb tereppontot. A kettő különbségének értéke az a mérőszám, amely az illető négyzetrácsra, területegységre jellemző paraméter. A szerkesztett tematikus domborzatminősítő térképen 100x100 m (1 ha) választott kategorizálás területegységét alkalmaztuk.

A vizsgált terület reliefenergia térképéről leolvasható, hogy a dombsági felszíndarab számottevő része nagyobb reliefenergiájú lejtő. A vízválasztó területek reliefenergia értéke pedig alacsony.

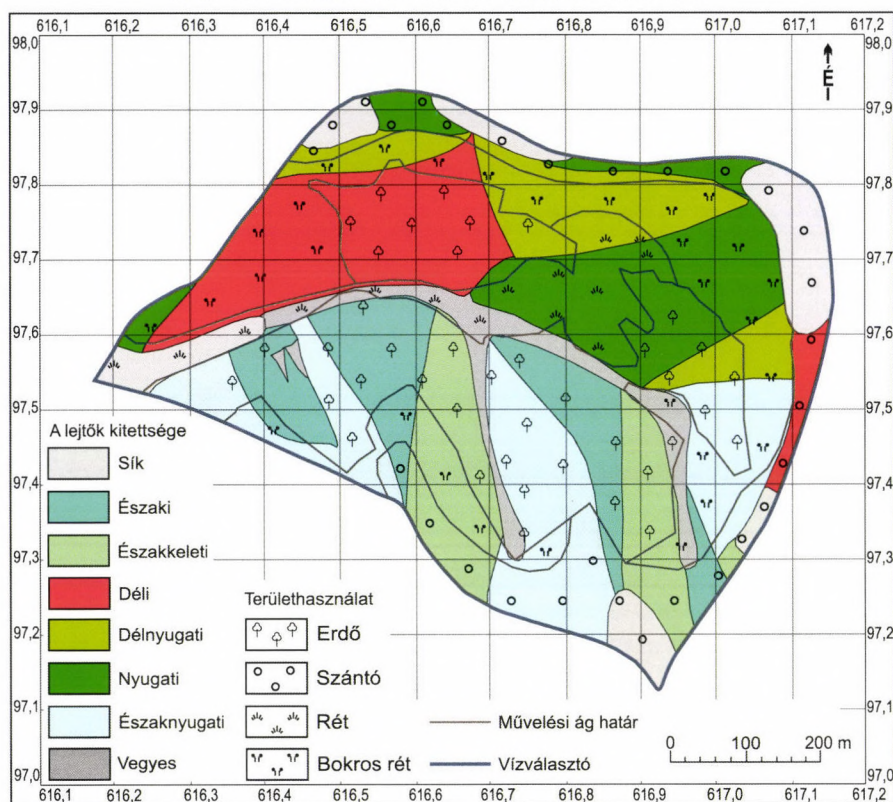


16. ábra. ÉK–DNY-i irányú Catena szelvény a Nagymórággyi-völgy vízgyűjtőjéről

A NAGYMÓRÁGYI-VÖLGY LEJTŐKITETTSÉG TÉRKÉPE



A HILDA-VÖLGY LEJTŐKITETTSÉG TÉRKÉPE

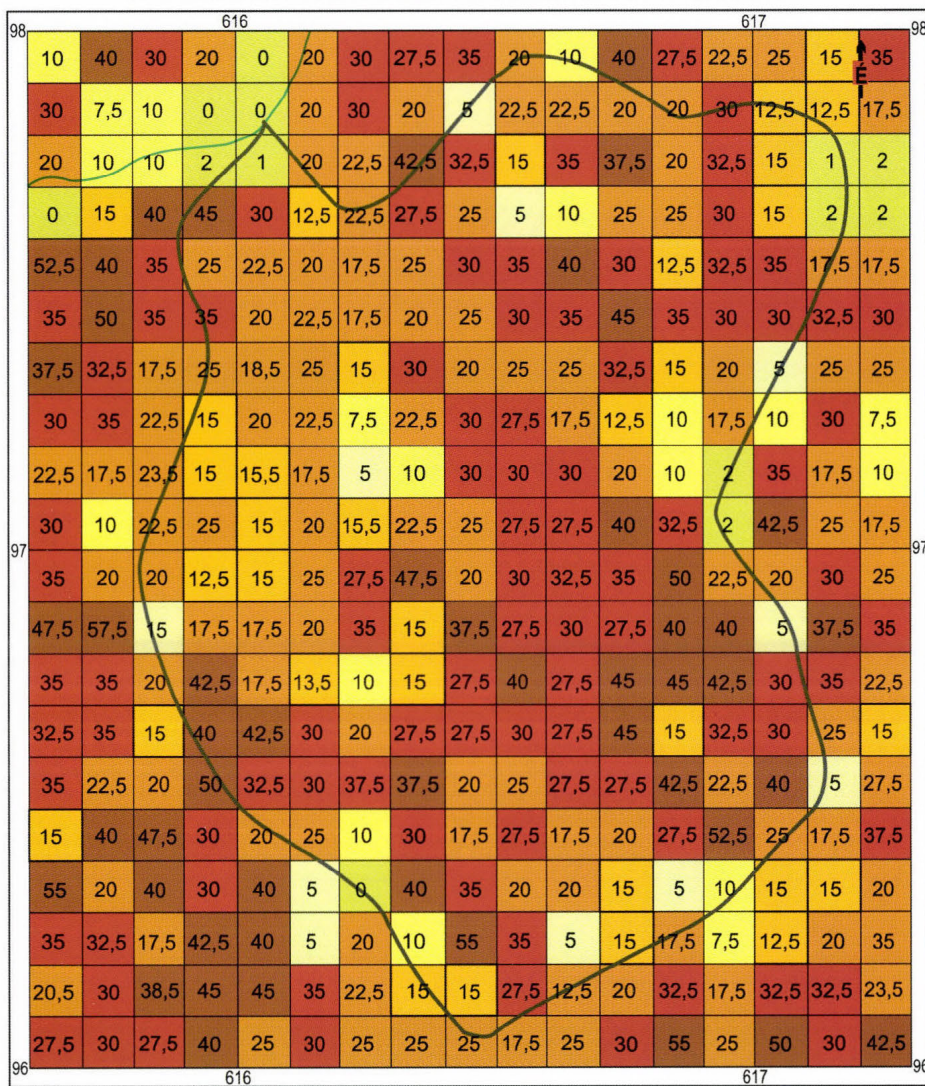


7.2. Felszabdaltsági viszonyok

A Nagymórággyi-völgy vízgyűjtő területére szerkesztett domborzatminősítő térkép a domborzat lineáris tagoltságát jellemzi (20. ábra). Ábrázolása – hasonlóan a reliefenergia térképhez – négyzethálós rendszerben történik. A mérőszámok mutatják az adott 100x100 m (1 ha) kiterjedésű területen előforduló völgyhosszakat, a lineáris erózió különböző formáit és az antropogén hatásra bemélyült löszmélyutak hosszát.

A völgyesűrűségi térképe jelzi a felszabdalt vízgyűjtő felszínének élénk domborzatát, emellett leolvashatók róla a sík, kevésbé felszabdalt stabil lejtőszakaszok és tetőfelszínének felszabdaltsági paraméterei, a térképen a négyzetek mérőszámai m/ha-ban mutatják a lineáris eróziós viszonyokat. A mérőszámok értékeléséből következtetni lehet a beruházás hatására. Vizsgálható a felszíndarab lineáris erózióérzékenysége, kijelölhetők a viszonylag nyugodt stabil felszínek is.

A NAGYMÓRÁGYI-VÖLGY RELIEFENERGIA TÉRKÉPE



A reliefenergia értékei

1—2 m/ha

6—10 m/ha

15—25 m/ha

15—25 m/ha

2—5 m/ha

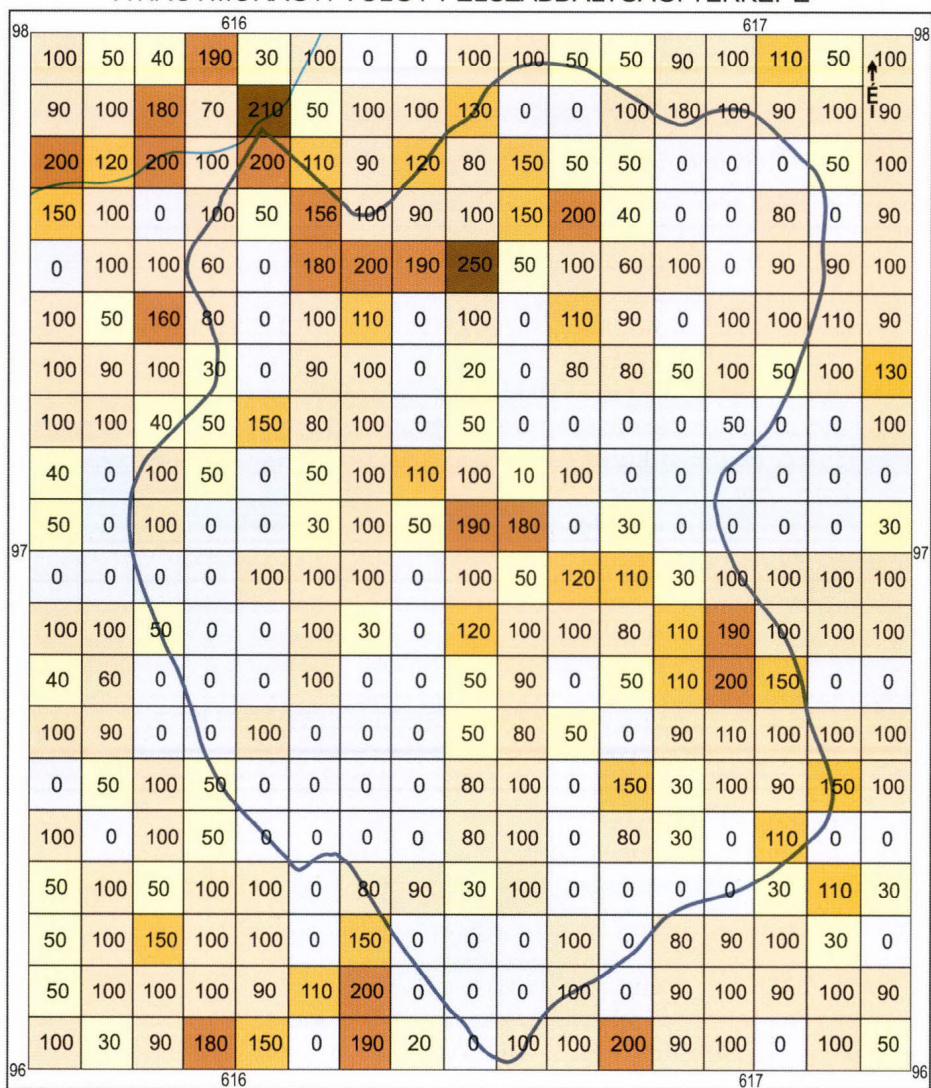
10—15 m/ha

25—35 m/ha

0 100 200 m

20. ábra

A NAGYMÓRÁGYI-VÖLGY FELSZABDALTSÁGI TÉRKÉPE



A felszabdalság értékei



0 m/ha



51—100 m/ha



151—200 m/ha



1—50 m/ha



101—150 m/ha



200 m/ha felett

0 100 200 m

8. A talajpusztulás felszínalakító szerepe

A talajpusztulási folyamatok prognosztizálásánál szükséges ismerni a domborzat hatását a talajképződésre, valamint a talajok fejlődésének legfontosabb törvényszerűségeit. A domborzati viszonyok szerepe a talajfejlődésben is a legfontosabb 5 talajképződési tényező közé tartozik.

A geomorfológiai formák két fokozatát kell megkülönböztetni: a makroreliefet (hegyek, dombok, völgyek stb.) és a mikroreliefet (a sík területek sokszor csak 2–3 cm-es függőleges tagolódása, pl. szuffúziós mélyedések).

A dombvidékeken a fenti geomorfológiai formák szerinti megközelítés nem mutat nagy különbségeket, nagy szintbeli eltéréseket. Így pl. a Geresdi-dombságon is a morfológiai elemek mellett elsősorban az éghajlati körülmények, a növényzet és a földhasználat alakítja a jövőbeni talajfejlődés és pusztulás irányát és főleg ezek függőleges szinteződését.

A talajok kialakulásában döntő szerepet játszó természeti tényezők hatására alakultak ki a különböző talajokban fellépő és együttesen érvényesülő folyamatok. Ezeknek a talaj fejlődésére gyakorolt komplex hatásából általában azok építő jellegét lehet kiemelni. A természetes körülmények között lejátszódó folyamatok közül jó néhány egymással ellentétes irányban, mintegy ellentétpárokat képezve befolyásolja a talaj fejlődését. Mindezek eredményeként jött létre, épült fel a talaj, annak összes adottságaival, pl. genetikai szintjeinek felépítésével, fizikai és kémiai tulajdonságaival együtt.

Természetes növénytakaró alatt a talajt érő építő és romboló jellegű külső hatások dinamikus egyensúlyi állapotot alakítanak ki. Ez az állapot egyben része az adott helyen érvényesülő természeti tényezők egyensúlyának, harmóniájának is. Az utóbbiak azonban külső hatásokra időnként jelentősen megváltoznak, felborulnak.

A természet harmóniáját biztosító dinamikus egyensúlyi állapotok – a külső hatásokra időnként bekövetkező átmeneti jellegű, különleges tendenciájú változások után – az önszabályozás révén ismét helyreállnak. E dinamikus változások azonban alapvetően nem károsítják a talajt, egyebek között nem okoznak olyan mértékű eróziót sem, amely a talajképződés során nem regenerálódhatna. Ugyanis a talajképződés sebessége évszázadonként átlagosan 1–2 cm-re tehető, ami a talajok természetes megújulási folyamataiban jelentős szerepet játszik.

A természetes körülmények között is előforduló felszínalakító hatás (geológiai erózió) eredményeként képződtek a völgyek, koptak és pusztultak le fokozatosan a hegyek. E folyamat rendszerint igen lassan megy végbe, szemben az ún. gyorsított erózióval, amelynek hatása már felülmúlja a talaj megújuló képességét. Általában azt találjuk, hogy a talajképződés előrehaladása és a természetes talajpusztulás egyensúlyban van. E két folyamat együttesen biztosítja a talaj folytonos megújulását, mert amennyit a felszín kopik, annyit mélyül a talajszelvény.

A gyorsított erózió a természetes növénytakarónak emberi hatásra történt megváltoztatását, letarolását jelenti. Az eróziós folyamatok a szakszerűtlen talajművelés és általában a helytelen talajhasználat következtében esetenként rendkívüli mértékben felgyorsulhatnak. Ezt a folyamatot ma is jól meg lehet figyelni, pl. a szakszerűtlenül a hegy–völgy irányában végzett szántás és más, elhibázott, vagy a helyi adottságoknak nem megfelelő agrotechnikai műveletek következményeként (SALAMIN P. 1981). Az eróziós talajpusztulást előidéző tényezőket két fő csoportba oszthatjuk be (STEFANOVITS P. 1992):

– Az eróziót kiváltó tényezők a talaj eredeti képződési helyéről való elmozdításához és szállításához szükséges közeget és energiát szolgáltatják. Legfontosabb a *lejtő, annak meredeksége, hosszúsága, alakja, kitettsége* (MUSGRAVE, G.W. 1947).

– Az eróziót befolyásoló tényezők viszont az erodáló energiáknak a talajra kifejtett hatását csökkentik vagy fokozzák, de önmagukban rendszerint nem okozhatnak eróziót. Ennek fő tényezői a *talaj* (nedvességi állapota, vízgazdálkodása, szerkezete, növényborítottsága), a *csapadék* (az *eső* mennyisége, cseppnagysága, hevessége, időtartama) és az *olvadó hó* (mennyisége és elolvadási ideje).

8.1. A lineáris erózió hatásai

A Nagymórággyi-völgy vízgyűjtő területén az areális lepelerózió hatása a nagyfokú erdőszűltség és talajfedettség miatt nem számottevő, amelyet a 2003 nyarán végzett mesterséges esőztetéssel végzett vizsgálatok is alátámasztottak.

A talajpusztulás másik, szintén jelentős formája, a lineáris erózió. Ez a talajpusztulás a felszínre hulló víz összegyülekezése és koncentrált lefolyása következtében alakul ki. A koncentrált vízfolyás energiája igen nagy értékeket érhet el, ezáltal jelentős talajpusztulást okozva. A folyamat elején pár cm mély mikrobarázdák alakulnak ki, amelyek a további esők hatására fokozatosan mélyülni és szélesedni kezdenek. Így alakul ki a barázda, az árok, majd a vízmosás. A kialakult vízmosások stabilizálása, ill. a táj rehabilitációja fáradságos és meglehetősen költséges, ezért a leghatékonyabb védekezés a megelőzés (BULL, L. J.–KIRKBY, M.J. 1997; BILLI, P.–DRAMIS, F. 2003).

Szemben az areális erózióval, ebben az esetben nem elégséges a művelési ág és a növényborítás helyes megválasztása, elsődleges szerepet a vízrendezés játszik. Nagyon fontos a koncentrált vizek biztonságos, lehetőleg burkolt árokban történő levezetése a nagy reliefenergiával rendelkező területekről. Az árkok tervezésénél törekedni kell a minél kisebb esésű vonalvezetésre, ill. ha szükséges eséscsökkentő, energiatörő műtárgyakat kell alkalmazni (SZABÓ J. 1977).

Az emberi tevékenység hatására a vonalas erózió előfordulása megnő. Utak kialakításával mesterségesen hozunk létre olyan mikrodomborzatot, amely kedvező a koncentrált vízfolyások kialakulása szempontjából, és lehetőséget nyit a lineáris erózióknak. Emiatt a nagy szintkülönbségeken végighaladó

útszakaszok tervezésénél és építésénél tekintetbe kell venni a vonalas erózió lehetőségét, az utakat a lehető legkisebb eséssel kell vezetni, felületüket burkolni kell és célszerű az úttal párhuzamos, burkolt vízvezető árok kialakítása is. Különösen fontos a jó vonalvezetés abban az esetben, ha a talaj adottságai is kedveznek a vonalas erózió kialakulásának (JAKAB G. 2006).

A vonalas erózió legjellemzőbb előfordulási helyei hazánkban a lösszel borított, többé-kevésbé erodált, nagy reliefenergiájú térszinek. A lösz fizikai és kémiai tulajdonságai miatt nagyon érzékeny a vízmosás képződésére. Minél inkább erodált egy talaj, az anyakőzete (lösz) annál közelebb kerül a felszínhez, és így mindinkább sebezhetővé válik a vonalas erózió számára (SCHWAB, G.O. et al. 1966). A vizsgált terület É-i részén a lösz tekinthető a talajok anyakőzetének. A terepbejárások során számos vonalas erózióra utaló nyomot találtunk a mikrobarázdától a vízmosásig.

A szántóföldi művelésbe vont területeken megjelenő barázdák a szokványos talajművelési eljárásokkal elszánthatók, megszüntethetők. Az általuk okozott talajvesztés azonban helyenként sokkal jelentősebb lehet, mint az areális erózió esetében. Az esetek többségében az erodált talaj nem hagyja el a táblát, hanem azon belül a lankásabb részekben lerakódik. Az ilyen típusú eróziós kártételek jellemző időszaka a tavasz és az őszi, amikor a növényzet talajvédelme elenyésző, viszont a művelés hatására kialakult jó víznyelés megszűnik, a talaj csak korlátozottan képes befogadni a vizet (VÁRALYAY Gy. et al. 1981).

Az erdőben kialakult vízmosások általában régebbi keletűek. Kialakulásuk idején valószínűleg nem erdő borította az adott felszínt. A bennük történő anyagszállítás nem nevezhető jelentősnek, többé-kevésbé stabilak. Létük gyakran összekapcsolódik a közeli környezetben fellelhető forrástevékenységgel.

A terület legjellemzőbb és legnagyobb kártételű vízmosásait a földutakhoz kapcsolódóan találtuk meg. A magasabb térszínre vezető utak szinte kivétel nélkül mélyen belevágódtak a löszbe, utat biztosítva a lefolyó víznek is. A talajpusztulás itt a természetes folyamatokon kívül kiegészül azzal is, hogy az úton keletkező barázdákat a közlekedés miatt időről-időre meg kell szüntetni, ezt leggyakrabban földgyaluval oldják meg.

A javított úton a nehéz munkagépek azonnal „barázdát nyitnak”, a keréknyomokban a közepes mennyiségű csapadék is jelentős talajelhordást okoz. Amikor az út már használhatatlan, akkor mellette szinte azonos vonalvezetéssel megnyílik az elkerülő út, amely néhány év alatt hasonló sorsra jut. A felhagyott mélyutakban található vízmosások anyagszállítása csökken ugyan a kisebb vízgyűjtő terület és a megtelepülő növényzet miatt, de még így is nagyfokú talajpusztulást eredményezhet.

A löszmélyutak vonalas erózió általi kialakulásával magas, függőleges löszfalak alakulnak ki. Nedvesség hatására e falak stabilitása romlik, megnő a csúszásveszély. E tömegmozgások nem sorolhatóak közvetlenül az erózió kategóriájába, de az okozott kár jellege és mértéke miatt is meg kell azokat említenünk.

8.2. Kiegészítő geodéziai mérés

A Nagymórággyi-völgyben a tervezett objektum tárója feletti lejtőszakaszon egy olyan eróziós vízmosást mértünk fel, amely az EOTR 1: 10 000 ma. topográfiai térképén még körvonalaiban sem szerepel. Ez a mai vízmosás a III. katonai felmérés 1880-as térkép alapján helyesbített 1951-ben kiadott L-34-62-A-c (Bátaapáti) topográfiai térképen földútként szerepel. Az I.–II. katonai felmérés térképein nincsen rajta mint földút, valamint a későbbi, 1955 utáni topográfiai

térképeken sincs feltüntetve mint földút. A topográfiai térképek tanulmányozása alapján feltételezzük, hogy az eróziós vízmosás mai formáját az 1880-as évektől alakítja a lineáris erózió (20., 21. ábra).

A geodéziai felméréshez Trimble 3305 DR mechanikus lézeres mérőállomást használtunk. A műszer képes prizma nélküli mérésre, ahol a visszaverődés közvetlenül a mérendő felületről történik. Az eszköz fontosabb műszaki paraméterei:

Szögmérési középhiba: 5"

Távmerési középhiba: \pm (2 mm + 2 ppm)/km

Hatótáv:

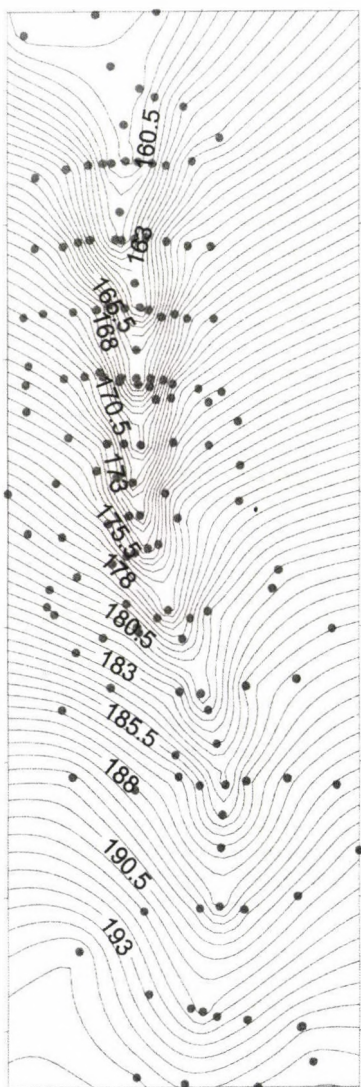
- prizmával: 3000 m;
- fóliára, műanyag prizma: 800 m;
- prizma nélkül: 100 m.

Belső memória: 1900 pont.

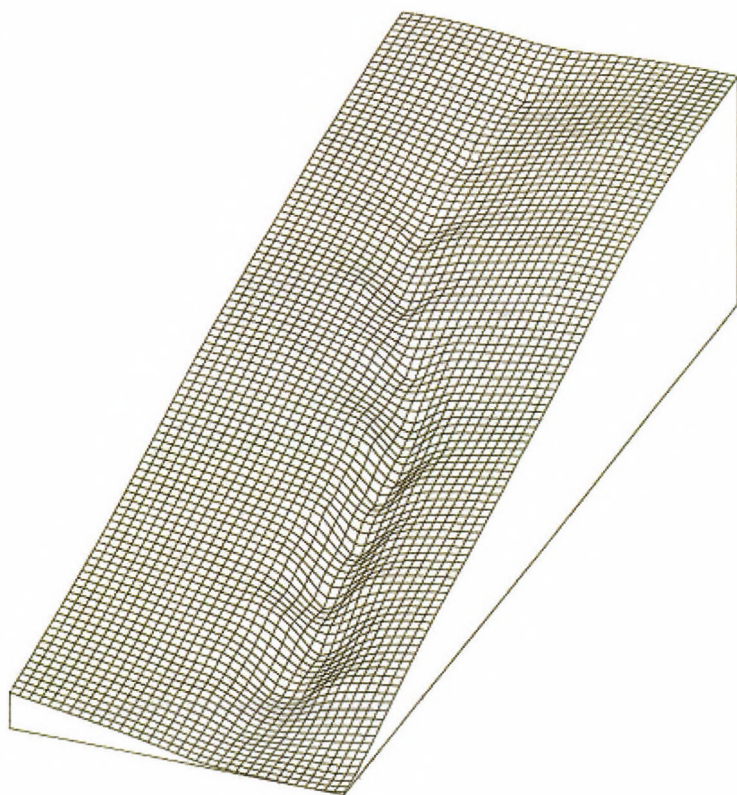
A belső telep 5 óra folyamatos munkavégzést tesz lehetővé (NiMh 1,6Ah).

Beépített programok: álláspont tájékozás, területszámítás, magasság átvitel, poláris koordináta-mérés, külpontos objektum bemérése, magassági hátrametszés.

A műszer működése az általa kibocsátott lézersugár észlelésén alapszik. E technológia alapján igen nagy pontossággal tudja meghatározni a ferde távolságot a prizma és a műszer függőleges tengelye



21a. ábra. A kiegészítő geodéziai mérések során felvételezett nagymórággyi-völgyi vízmosás szintvonalas térképe



21b. ábra. Kiegészítő geodéziai felmérés során felvett vízmosás digitális terepmodellje a Nagymórági-völgyből

között. Vízszintbe állítva és tájékozva a ferde távolság meghatározásával és a vízszintes, ill. függőleges elfordulás regisztrációjával az összes szükséges adat számítására és tárolására képes. Nagy előnye, hogy nincs leolvasási hiba, ugyanis a műszer a mért értékeket a memóriájában tárolja, ahonnan azok közvetlenül számítógépre tölthetők. A mérés hatékonyságát nagyban növeli a prizmat vivő figuránsok számának növelése.

A Nagymórági-völgy vízgyűjtő területén a régi topográfiai térképek alapján (1784) kiterjedt szőlőgazdálkodást folytattak (13. ábra). A szőlőtáblákhoz vezető ideiglenes földutak helyét ma is mélybarázdák, vízmosások jelzik. Ezek felmérésével és összehasonlításával képet kaphatunk a terület lineáris eróziós viszonyairól is. A Hilda-völgy területén és a Nagymórági-völgy területén található összes vonalas eróziós domborzati formát az előbbi példa alapján fel lehetne mérni, amely a közeljövő kutatási iránya lehet a felszínfejlődés prognosztizálásában.

8.3. A vizsgált terület talajainak erodáltsága és a területhasználat

A tervezett felszíni létesítmény környezetében található talajok erodáltsági foka nagymértékben ingadozik. Az erodáltság mértéke a talaj adott erodálhatósági (K) tényezőjén túl elsősorban a múltbeli és a mai területhasználat, valamint a domborzat függvénye. A lepusztult talaj anyagának jelentős hányadát minden erodált talajfolt helyi erózióbázisán megtalálhatjuk. Ennek megfelelően az egyéb sajátosságokhoz hasonlóan az erodáltság tekintetében is jellegzetes toposzekvenciát figyelhetünk meg. Teljesen ép talajszelvény a vizsgálati területen nem található, így az utóbbi századokban lepusztult talaj vastagságát nem lehet teljes pontossággal megállapítani. Ahhoz, hogy megbecsülhessük a talajpusztulás mértékét, az „A” genetikai talajszint vastagságát a szakirodalom alapján 40 cm vastagságúnak feltételeztük, a „B” genetikai talajszinteket pedig elhelyezkedéstől függően 80–110 cm-es vastagságúnak vettük.

A legépebb talajszelvényeket azokban a pontokban találhatjuk meg, ahol 80–100 esztendősnél idősebb, természeteshez közeli erdők vannak. Az „A” szint vastagsága itt a helyi klímazonális barna erdőtalaj típusok 40 cm-hez képest csak 20–25 cm (9. táblázat). Ez esetben nem arról van szó, hogy a kiinduló állapothoz képest 15–20 cm talaj pusztult le, hanem inkább arról, hogy az erdő telepítése óta ilyen vastagságú réteg keletkezett. Ezekben a területeken a talaj összvastagsága (az A és a B talajgenetikai szintek együttes vastagsága) akár a 200 cm-t is elérhet.

Ezeknél a talajoknál egyrészt erodáltabbak, másrészt a talajregeneráció eggyel korábbi fokán járnak azok a talajok, amelyeknél típusos „A” szint nem írható le, de az „A” szint képződése megfigyelhető. Ezen szelvények legfelső genetikai rétegét „AB” szintként jelöljük. Itt a „B” szintek vastagságának függvényében 50–80 cm vastagságú talajösszlet is hiányozhat. Némileg meglepőnek tűnhet, hogy a 80 cm-es talajhiány jellemzően nem a lejtőkön, hanem a tetőhelyzetű területeken jelentkezik. Ez a jelenség alapvetően a mezőgazdasági – szántóföldi és a nagyüzemi szőlő – művelési ágaknak köszönhető.

Az erodáltság következő fokát jelentik azok a talajok, amelyeknél csak a talaj főtípusa határozható meg, pontosabb besorolás azonban nem végezhető el. A mintaterület jelentős hányadán mind a három barna erdőtalaj típus az erodáltság olyan fokára jutott el, amelyknél azok pontos besorolása nem tehető meg.

Mivel az erodált barna erdőtalajok foltja a Ramman-féle, az agyagbemosódásos és a csernozjom barna erdőtalajok határán helyezkedik el, így az eredeti barna erdőtalaj típusok határa ma már nem meghatározható. Az erodált barna erdőtalajnál a talajpusztulás a „B” genetikai talajszintek legmélyebb rétegeit is érinti, ami egyben oka annak, hogy abban a talajgenetikai folyamatok már pontosan nem írhatók le. A lepusztulás esetenként oly mértékű, hogy a legfelső talajszint alatt közvetlenül a „BC” szint következik, míg a gyengébben erodálódott talajok esetében a „B₂” szint is leírható a szelvényből.

9. táblázat. A vizsgálati terület talajainak erodáltsága

Geomorfológiai helyzet	Művelési ág/terület-használat	Talajtípus	Gyakoriság, %	Erodáltság foka	Hiányzó talaj-réteg vastagsága
Tetőhelyzet	Erdő, rét-legelő	Ramman-féle barna erdőtalaj	0,5	gyengén erodált	40–50 cm
Tetőhelyzet	Szántó, nagyüzemi szőlő	Ramman-féle barna erdőtalaj	1,0	erodált	75–90 cm
Tetőhelyzet	Erdő	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	5,0	gyengén erodált	40–50 cm
Tetőhelyzet	Szántó	Csernozjom barna erdőtalaj	2,5	erodált	75–90 cm
Tetőhelyzet	Erdő, rét-legelő	Erodált barna erdőtalaj	7,5	erősen erodált	90–110 cm
Tetőhelyzet	Szántó	Erodált barna erdőtalaj	1,5	erősen erodált	90–100 cm
Tetőhelyzet	Szántó, nagyüzemi szőlő	Földes kopár	1,0	talajképző közepig lepusztult	több mint 120 cm
Völgyoldal	Erdő, rét-legelő	Ramman-féle barna erdőtalaj	8,0	erodált	70–90 cm
Völgyoldal	Szántó, nagyüzemi szőlő	Ramman-féle barna erdőtalaj	2,0	erősen erodált	90–110 cm
Völgyoldal	Erdő	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	25,0	gyengén erodált – erodált	50–90 cm
Völgyoldal	Erdő, rét-legelő	Csernozjom barna erdőtalaj	0,5	gyengén erodált – erodált	50–90 cm
Völgyoldal	Szántó	Csernozjom barna erdőtalaj	3,0	erodált	80–90 cm
Völgyoldal	Erdő, rét-legelő	Erodált barna erdőtalaj	25,0	erősen erodált	90–100 cm
Völgyoldal	Szántó	Erodált barna erdőtalaj	6,0	erősen erodált	90–110 cm
Völgyoldal	Szántó, nagyüzemi szőlő	Földes kopár	2,0	talajképző közepig lepusztult	több mint 120 cm
Völgytalp	Erdő, rét-legelő, kisparcellás művelés	Lejtőhordalék talaj, réti talajok	5,0	–	–
Egyéb	Egyéb	–	4,5	–	–

A legerodáltabbak azok a talajok, amelyeknél az eredeti talajtípus már nem ismerhető fel. A földes kopárok jellegzetessége, hogy az „A” szint közvetlenül a talajképző kőzeten képződik újra. Mivel földes kopárokat kizárólag mezőgazdasági művelés alatt álló területeken találhatunk, így ott egy szántott réteg képviseli a legfelső talajszintet (A_{sz}). Ez alatt egy vékony átmeneti szint (AC) található. Az átmeneti szint alatt közvetlenül a talajképző kőzetet (a mintaterületen jellemzően lösz) találhatjuk. Ezeknél a talajoknál minimum 120 cm-nyi talaj hiányzik. A hiányzó talajmennyiség itt még hozzávetőlegesen sem becsülhető meg, hiszen a „B” szint teljes mértékben hiányzik. A mintaterület talajainak erodáltságát a 9. táblázat tekinti át.

Némileg kevesebb figyelmet szokott kapni az „eróziós végtermékként” felfogható lejtőhordalék talajokon megfigyelhető talajpusztulás. Ez a jelenség a már lepusztult anyag helyi áthalmazódásaként fogható fel. Fel kell azonban hívni arra a figyelmet, hogy a talajpusztulás ezeken a területeken szinte kizárólag a mezőgazdasági műveléshez köthető.

8.4. A Nagymórági-völgy és közvetlen környékének földtulajdon viszonyai

A leendő hulladéktárolónak helyet adó Nagymórági-völgy a község külterületén, a falu belterületétől DK-i irányban helyezkedik el. A völgynek és közvetlen környékének földterületi jellemzőit a tulajdonosi szerkezet, a művelési ágak és a birtokrészek aranykorona (AK) értéke szerint elemeztük (22. ábra).

A Nagymórági-völgy vízgyűjtőjének Ny-i oldalán tetőhelyzetben, valamint a völgyoldal K-i lejtőin és a Hilda-völgy nagyrészen az 1960-as évekig hagyományosan szőlőtermesztést folytattak, amely mezőgazdasági kultúrának napjainkra szinte nyoma sem maradt a még földhasználatot bizonyító tulajdoni lapokon sem (TINER T. 2003).

A Nagymórági-völgy környékének egy hozzávetőlegesen 480 ha kiterjedésű területére vonatkozóan a Körzeti Földhivatalból (Bonyhád) beszerzett tulajdoni lap másolatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált területen 43, önálló helyrajzi számmal rendelkező földingatlan található.

A 77%-ban erdőterületből álló tulajdonok 96%-a a Gemenci Állami Erdő- és Vadgazdaság kezelésében álló állami tulajdon, 4%-ának egyének, ill. Bátaapáti önkormányzata a tulajdonosa. A Nagymórági-völgyben és környékén az erdők aranykorona értéke alacsony, amelynek hektáronkénti értékszáma 1,7–3,2 AK között ingadozik, bár kisebb területeken az értékesebb faállományú részek révén előfordulnak 5,7 AK-s értékek is.

A vizsgált terület 17%-át gyepterületek (rétek és legelők) alkotják, amelyeknek összesen 22 tulajdonosuk van. A gyepterületek változó minőségűek, így módon a hektáronkénti aranykorona-értékük 4,2–6,5 AK között változik. Kisebb, jó minőségű gyeprészek esetében a legelők értéke néhol a 19–20 AK-t is eléri.

A szántók aránya a Nagymórági-völgy környékének területén kifejezetten alacsony, alig 5%. Összesen 6 tulajdonos osztozik rajtuk. A szántók értéke a térségben 10,5 és 13,9 AK között változik, csupán néhány, 1 ha alatti kiterjedésű szántórész minősége jó, és éri el a 20–21 AK-s értéket. A Hilda-völgy K-i és D-i oldalán a fő vízválasztó tetőhelyzetű sík felszíne a kataszteri térkép alapján erdő műveléságú, míg ténylegesen a terület nagyrésze szántott (18. kép).

A vizsgált terület mintegy 1%-át teszik ki a Gemenci Állami Erdő- és Vadgazdaság kezelésében, ill. a Bátaapáti Önkormányzat tulajdonában levő közutak, mint művelés alól kivett területek. A Nagymórági-völgy közelében fekszik a községi vízmű területe is, amelyen 1/3–2/3 tulajdoni arányban osztozik a Bátaapáti és a Mórági Önkormányzat.

A helyrajzi számok alapján végzett tulajdoni részek tanulmányozásakor megállapítható, hogy

- a 43 ingatlanrészből 16 a Gemenci Állami Erdő- és Vadgazdaság kezelésében van, többségük tisztán erdő, de van köztük kevés szántó és gyepterület is;

- a 0112/1 hrsz. terület 5, a 0112/2 hrsz. terület 7 tulajdonos (magán-személy) osztatlan résztulajdonában van;



18. kép. Szántóterületek a Hilda-völgy fő vízválasztóján

– a 0124 hrsz. ingatlan 10 alrészre van felosztva, amelyen összesen 11 tulajdonos osztozik. Hasonló a helyzet a 0128 hrsz. ingatlannal, amely 6 alrészre osztott és 5 tulajdonosa van. Ezek kisajátítása a leendő hulladékártároló számára biztosítandó terület részére számos kétoldalú adás-vételi szerződés megkötését igényelte, ami az eljárás szempontjából időigényes volt;

– művelési ág szerkezet szempontjából a legösszetettebb ingatlanok a következők: 0111/1 hrsz. (3 gyeper és 1 erdőrésszel); 0112/2. hrsz. (3–3 gyeper, ill. erdőrésszel, továbbá 1 szántórésszel); 0114 hrsz. (2–2 erdő-, ill. szántórésszel, 1 gyepterülettel); 0124/11 hrsz. (5 gyeper, és 1–1 erdő-, ill. szántórésszel);

– Bátaapáti Önkormányzata a vizsgált területen egy kisebb erdőterülettel, továbbá utakkal és a vízmű 1/3 részével rendelkezik, mint tulajdonos;

– a magántulajdonban lévő ingatlanok tulajdonosi köre Bátaapáti kővül 10 település között oszlik meg. A legtöbb, nem Bátaapáti lakó tulajdonosa a vizsgált területen lévő földeknek Cikón lakik (7 fő), de mórágyi, mőcsényi, grábóci, váraljai, hidasi, szebényi, bonyhádi, szekszárdi, sőt pécsi lakos is van a vizsgált terület ingatlanjainak résztulajdonosai között.

9. Háromdimenziós digitális terepmodell és alkalmazási lehetőségei a Hilda-völgy területére

A Hilda-völgyben épülő hulladéklerakó környezeti értékeléséhez elengedhetetlen a vizsgált területen a domborzat jellegzetességeinek elemzése és pontos térbeli ábrázolása. A Geresdi-dombság felszínének, és azon belül a Nagymórágyi-völgy vízgyűjtőjének, valamint a Hilda-völgy geomorfológiai viszonyainak ábrázolására az egyik legpontosabb, sokoldalúan felhasználható módszere a *digitális domborzati terepmodell*.

A „digitális terepmodell” (DTM) megnevezést leginkább akkor használjuk, amikor kimondottan egy raszter vagy szabályos rács magasságpontjaira akarunk utalni. A modell minden egyes elemét egy rácsálózat csomópontjának tekintjük, amelynek értéke az adott pontban való tengerszint feletti magasság. Téglalap alakú rács esetén a rácsot egyik sarokpontjával azonosítjuk, jellemezzük az X, ill. Y irányú rácsállandó értékének megadásával.

A modell előállításához szükséges alapadatokat az 1: 10 000 ma. EOVS koordinátarendszeren alapuló topográfiai térkép és GPS vevőkészülékekkel elvégzett terepi mérések szolgáltatták.

A topográfiai térkép nyomtatott szintvonalait át kellett alakítani, így került sor a térképek beszkennelésére, majd az eredmény-raszter részletes vektorizálására és beszerkesztésére. A szintvonalakhoz természetesen egy-egy magasságértéket társítottunk, majd következett a terepen végrehajtott mérések beillesztése az adatbázisba és a kétféle adat összevetése, az adatok korrigálása.

Az itt felhasznált digitális domborzatmodellt egy SURFER 8.0 nevű interpoláló, szintvonalazó és háromdimenziós térképkészítő programmal készítettük el, ami Microsoft Windows alatt futtatható. Gyorsan és egyszerűen konvertálja adatait kiváló szintvonalas, felszín, kontúr, vektor, színek, árnyékolt domborzat-, háló-, és objektum kijelölő térképpé.

A térinformatikában a digitális terepmodellek építésének általánosságban használt módszerei közül a felhasznált szoftver lehetőségeiből adódóan a rács alakú módszerrel való számítások kerültek alkalmazásra. Lényege, hogy szabályos alakzatú térbeli sokszögek segítségével (jelen esetben négyszög) hoz létre digitális terepmodellt (23. ábra). A rács alakú módszer használatát a vizsgált terület léptéke alapvetően befolyásolja. Az adatok tárolása a rácspontokhoz rendelt Z koordináták soros tárolásával történik.

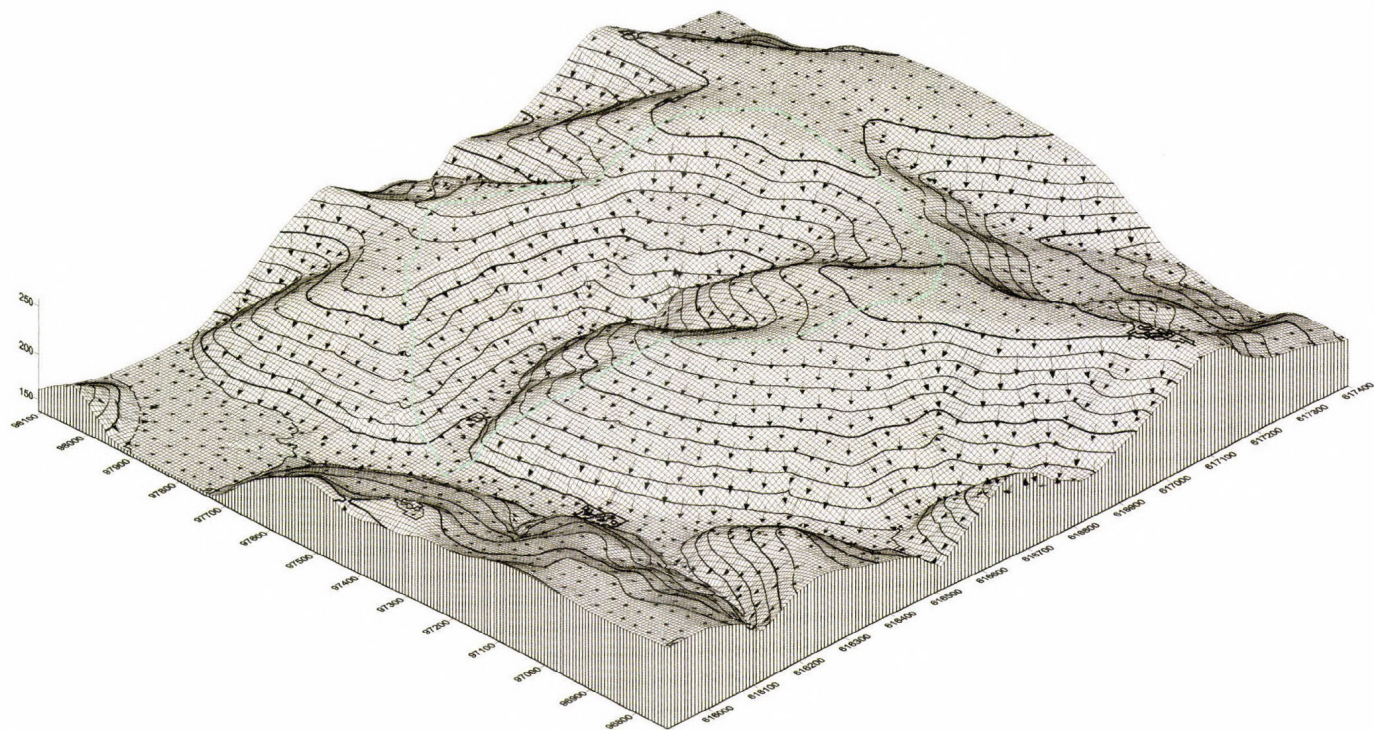
Az egész területre vonatkozó rácsból kiszámítása különböző térbeli interpolációkkal oldható meg. A térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavétellel nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére, aminek a legtöbb esetben a tulajdonságot jellemző értéknek egy meghatározott intervallumba kell esnie, vagy egy meghatározott értékkel vett hányadosát kell tekinteni. Ez jelen esetben több célhoz is felhasználható:

- szintvonal-adatok grafikus megjelenítéséhez,
- a felület valamely jellemzőjének kiszámításához egy adott pontban,
- térbeli jelenségek lehatárolására,
- gyakran használatos segédeszköz térbeli döntéshozatali folyamatoknál (környezeti hatásvizsgálatok).

A térbeli interpoláció azon a feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze levő pontoké (Tobler törvénye). Az általánosan használt interpolátorok az interpoláció alapját képező adatpontokon az eredeti értéket hűen (eltérés nélkül) adják vissza, a felület áthalad mindazon pontokon, amelyek értéke ismert: B-spline-ok és a Krigelés. A felületmodell elkészítése folyamán mi a Krigelés módszerét alkalmaztuk.

Az EOV koordinátarendszernek megfelelő x , y és z koordinátákból álló adatbázisból ezután a SURFER különféle térképszerkesztői és grafikai eszköztárainak segítségével többféle tematikus térképet, kontúrtérképet, árnyékolt domborzattérképet, háromdimenziós felületterképet és tömbszelvényt készítettünk.

A geomorfológiai viszonyok elemzése érdekében a megfelelő pontosságú adatfelvétel és a terepi javítások, megfigyelések egyeztetése elengedhetetlen. Az így kialakult adatbázis azonban már megközelítőleg alkalmas a felszíni folyamatok felismerésére és kiértékelésére. Ehhez persze több eljárás alapuló tematikus térkép is elkészíthető, mivel a háromdimenziós felszín több jellemzőjét is megváltoztathatjuk.



23. ábra. A Hilda-völgy vízgyűjtőjének háromdimenziós rácshálója a felszíni lefolyási irányokkal

Így elkészíthető és egymásra illeszthető a háromdimenziós felszínmodell és az ismert adatokból számolt kétdimenziós izovonalas kontúrtérkép (24. ábra), amely a terepi megfigyelések segítségével korrigálható.

A háromdimenziós felületterképek segítségével azonnal észrevehetők a domborzat különböző sajátosságai, nagyobb méretű tereplépcsők, geomorfológiai szintek, a nagyobb vízgyűjtők határai, esetleges mozgásban lévő lejtők, felszínek (25. ábra).

A SURFER által számított és egymásra illesztett kétdimenziós és háromdimenziós árnyékolt domborzatterképek pedig segíthetnek minket abban, hogy a lejtők meredekségét, állapotát, kitettségi viszonyait gyorsabban meghatározzuk (26., 27. ábra).

A digitális domborzatmodellből könnyen és gyorsan készíthetünk tömbszelvényeket (28. ábra), különféle irányú metszeteket, amellyel a felszín egy részletét, a dőlés, és csapásviszonyokat jellemezhetjük. A kész felszínből természetesen megfelelő számú és pontosságú fúrásszelvény alapján földtani tömbszelvények is készíthetők. A digitális domborzatmodellt természetesen még több további vizsgálat során fel lehet használni, főleg a döntéstámogató környezetinformációs rendszerekben. Ilyen pl.:

- a terep olyan jellemzőinek meghatározása, mint pl. tetszőleges pont magassága, dőlés és irány;

- olyan jellemzők megtalálása a terepen, mint pl. vízgyűjtő területek és vízválasztók;

- olyan jellemzők megtalálása a terepen, mint pl. csatornahálózatok és csatornák, csúcsok és mélyedések, egyéb felszíni formák;

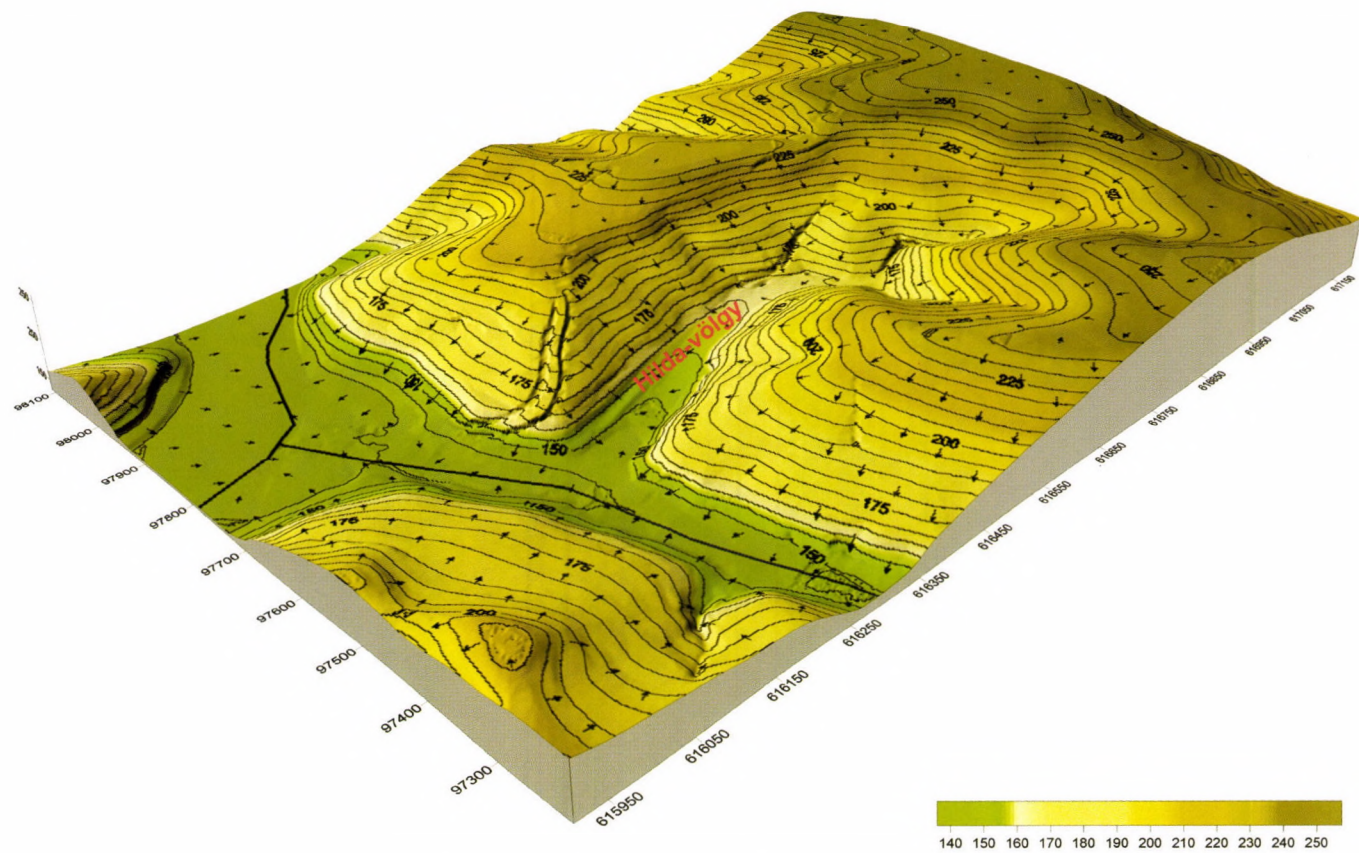
- hidrológiai funkciók modellezése.

A felhasználhatóság széles skálájából egy példát kiragadva megállapítható, hogy a vízgazdálkodási és vízrajzi szempontból elsősorban a digitális terepmodellek hidrológiai funkciói a legérdekesebbek.

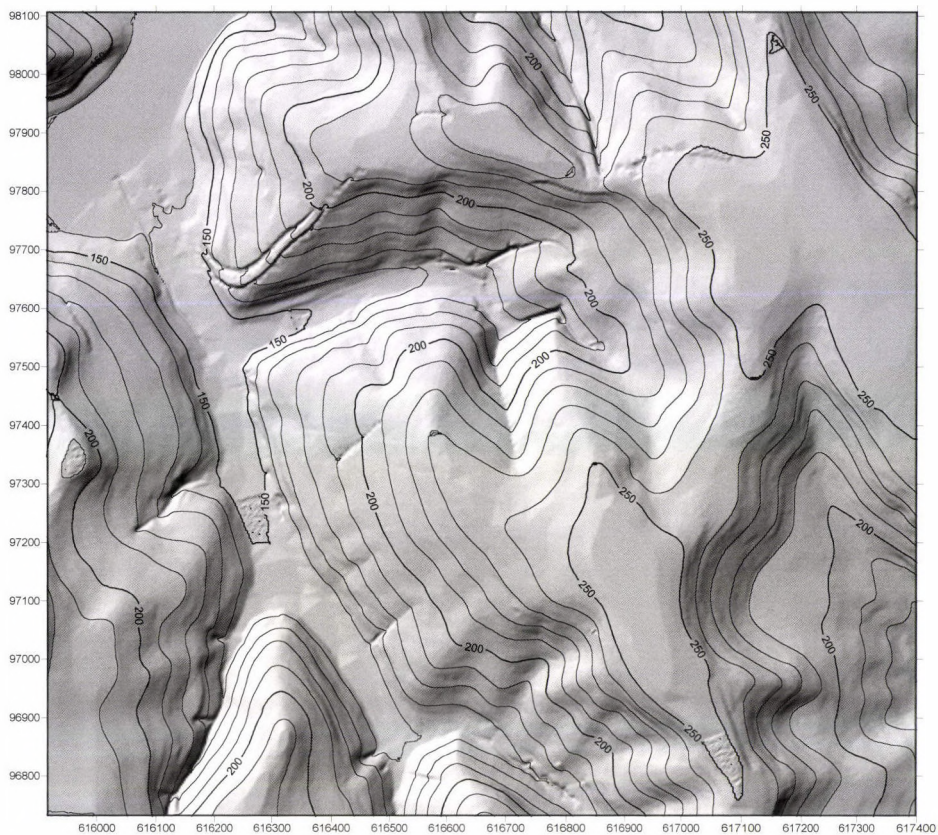
Egy vízgyűjtő területének két fő alkotóeleme van: a terület *topográfiai alakja* és a terület vízgyűjtő hálózatának *topológiai struktúrája*. Ezen alkotóelemek manuálisan végzett mennyiségi meghatározása fárasztó és időigényes, így ezek automatikus meghatározása ideális alkalmazása lehet a GIS technológiának.

A vízválasztók tartalmazzák egy terület teljes felosztásának egy módszerét, és sok természeti jelenséget összefüggésbe lehet hozni a vízválasztókkal. A vízlevezető hálózat és a kapcsolódó vízválasztó elemek meghatározása az első fontos lépés egy hidrológiai információs rendszer megalkotásában. Ez akkor lehet különösen hatékony, ha felhasználjuk a vízgyűjtő medencére vonatkozó információkat

A vízválasztók és a vízlevezető hálózat ismeretét hasznosítani lehet a lejtések és a dőlésirány jobb becslésére is. (Pl. a lejtőknek törést kell mutatniuk a vízválasztóknál és a csatornáknál.)



25. ábra. A Hilda-völgy és környezetének vízgyűjtőjéről készült háromdimenziós felülettérkép a felszíni lefolyási irányokkal

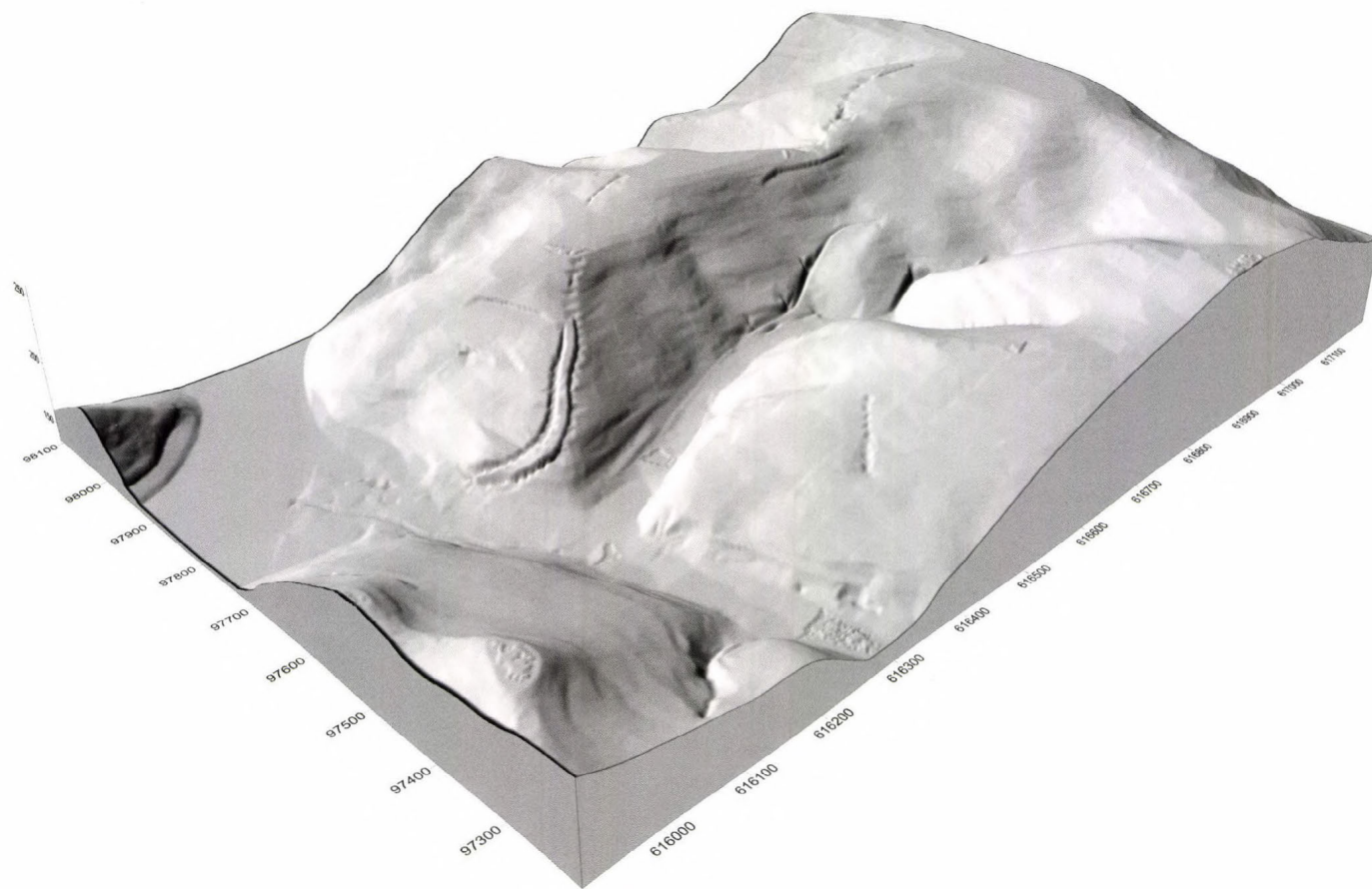


26. ábra. Kétdimenziós árnyékolt domborzatterkép és a ráillesztett izovonalas kontúrtérkép

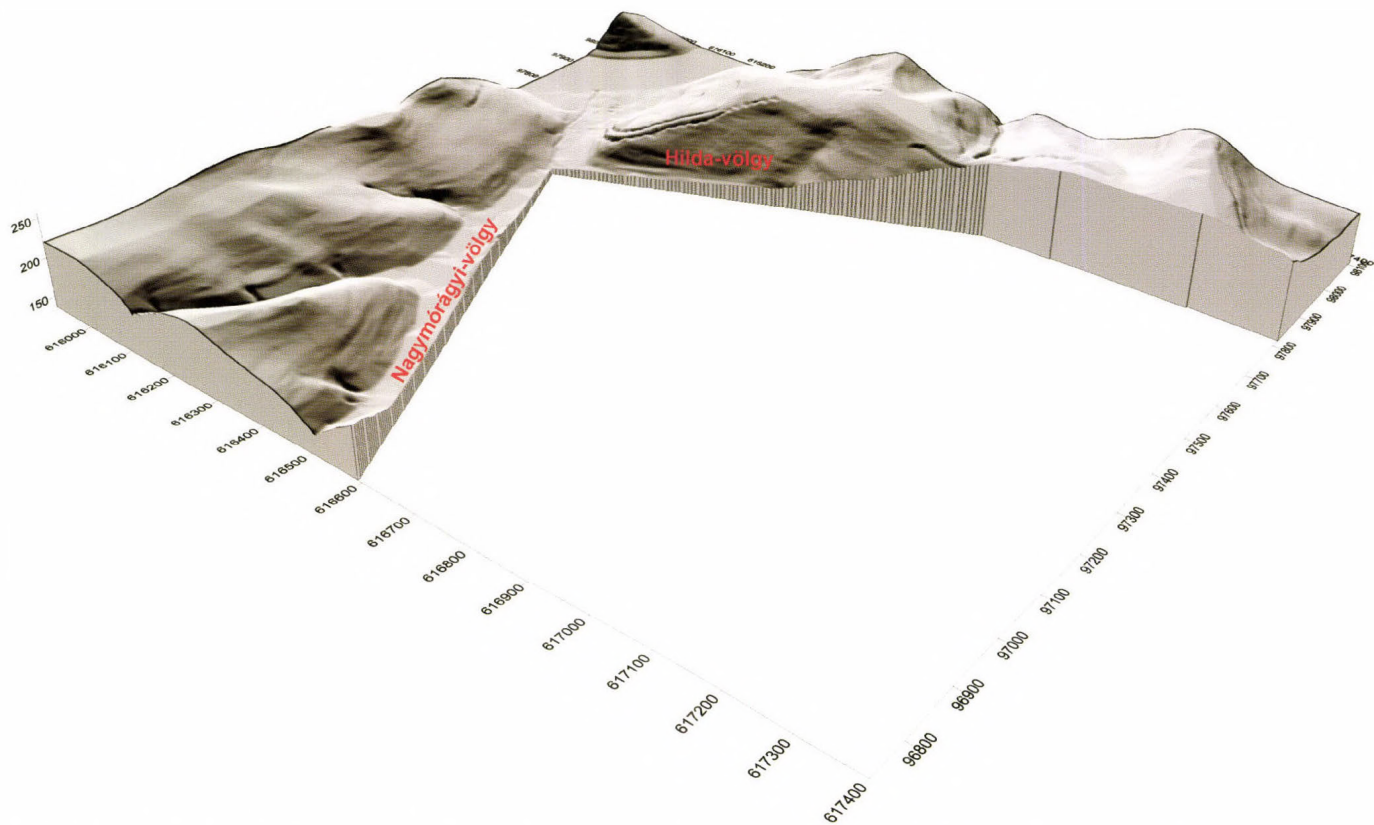
Egy raszteres DTM elegendő információt tartalmaz a vízválasztók és a vízgyűjtő medencék alapmintájának a meghatározásához. Ehhez minden raszterpontot egy négyzetrács középpontjaként kell elképzelni. A cellából kifolyó víz irányát a környező cellák magasságai (ld. a 23., 24. ábrákon) fogják meghatározni.

A bemutatott ábrákon jól láthatóak az alapadatok alapján kiszámolt vektortérkép eredményei, vagyis a felszín különböző pontjaiból kiinduló vektorok, a lehetséges lefolyási irányok. Ezek alapján bármely területen könnyen kijelölhetők a makro- és mikro-vízgyűjtők határai.

A meglévő koordinátákból álló digitális terepmodell később több más modellezési folyamat alapjául is szolgálhat. Különböző magasságú felszínnek generálásával több felszín alatti réteg is elkülöníthető, és egységes paraméterekkel felruházható. Így pl. a megfelelő pontossággal számolt felszíni rácsháló a felszín alatti vízáramlási viszonyokat bemutató modellek kiindulási pontja, felszíne is lehet.



27. ábra. A háromdimenziós felszínmodellre illesztett árnyékolt domborzattérkép



28. ábra. A Nagymórági-völgy vízgyűjtőjének háromdimenziós felszínmodelljéből szerkesztett tetszőleges tömbszelvény vázlata

Elsősorban a talajvízáramlással és a talajvízben vagy a telítetlen zónában terjedő szennyeződések nyomon követésével, terjedési sebességével foglalkozó ún. transzportszámításos modellek esetében lényeges a felszín pontos lehatárolása. Alkalmazható még különböző eróziós vizsgálatok, felszínmozgásos folyamatok modellezése kapcsán is, ahol a részletes domborzati viszonyok elengedhetetlenek.

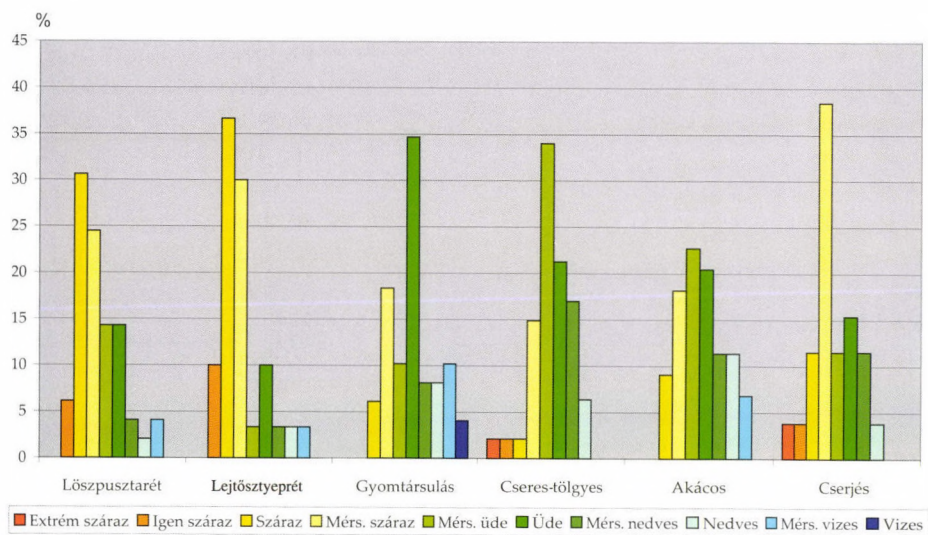
Ezekén kívül geokódolt légifelvételek felhasználásával a háromdimenziós modell jól alkalmazható a területhasználatok időbeli alakulásának elemzésénél és annak a felszínfejlődéssel való összevetésénél. Ha a felszín több jellemzőjét akarjuk feldolgozni, és többféle adathalmazzal dolgozunk, érdemes egy komplex, konzisztens adatbázison alapuló, lekérdezéses térinformatikai rendszert is létrehozni, amelyből az összes kívánt tematikus térkép elkészíthető és információval ellátható.

10. A Hilda-völgy geoökológiai vizsgálatának értékelése

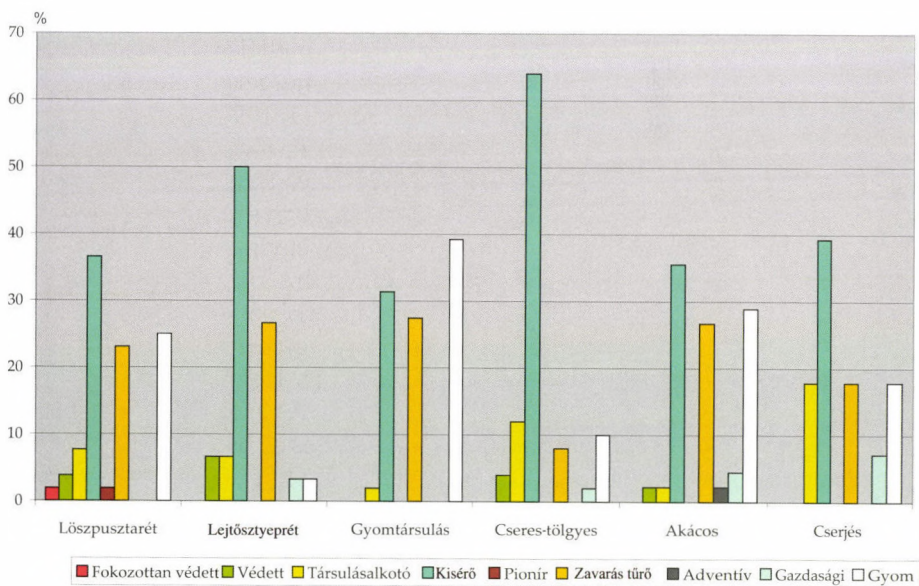
A Hilda-völgy vízgyűjtő területén hat növénytársulást határoztunk meg (BORHIDI A.–SÁNTA A. szerk. 1999). Mind a hat társulásban két-két felvételi négyzetet jelöltünk ki: a gyeptársulásokban 5x5 m-es, az erdőtársulásokban 10x10 m-es négyzeteket. A kijelölt négyzetekben tavaszi, nyári és őszi aszpektusban végeztünk fajmeghatározást. E felvételezések alapján állítottuk össze az egyes társulások fajlistáját, majd a terület összesített fajlistáját (1–7. táblázatmelléklet) (FEKETE G.–MOLNÁR Zs.–HORVÁTH F. szerk. 1997). A mellékleteket a vízháztartási értékek megoszlását, valamint a Simon-féle természetvédelmi kategóriák megoszlását mutató grafikonok egészítik ki (SIMON T. 1992) (29., 30. ábra).

A tervezett hulladéklerakó megvalósulása esetén a vízgyűjtő nagy részén található élőhelyek megszűnnek. A magasabban fekvő területeket közvetlenül nem fogja érinteni a lerakó, a közvetett hatások azonban semmiképpen sem elhanyagolhatók. Munkánkban ezért a vízgyűjtő egészét vizsgáltuk, és a majdani hulladéklerakó által nem érintett társulásokat is fölmértük. A fajlista mellett elkészítettük a Hilda-völgy geoökológiai vegetáció térképét (31. ábra, 19–20. kép). A térképezést GPS (műholdas helymeghatározás) segítségével végeztük.

A domboldalakon D-i és DNy-i kitettségben löszpusztarét található, amely a korábbi legeltetés nyomait viseli (21–22. kép). A zavarásoknak leginkább kitett völgytalpon másodlagos gyeptársulást (ruderalis és magaskórós gyomtársulás) találtunk (23. kép). A vízgyűjtő D-i részén, ÉK-i kitettségben pusztafüves lejtősztyeprét borítja a dombtetőt. A vízválasztó mentén a dombtetőt szántóterületként hasznosítják. A D-i és Ny-i kitettségű dombtetőkön, helyenként a völgytalpig lenyúlva galagonya-kökény cserjés található (24. kép). Szintén a D-i lejtőn erős zavarást mutató zamos turbolyás akácok foglalja el a domboldalt. A szemközti domboldalt középhegységi cseres-tölgyes borítja (19. kép).

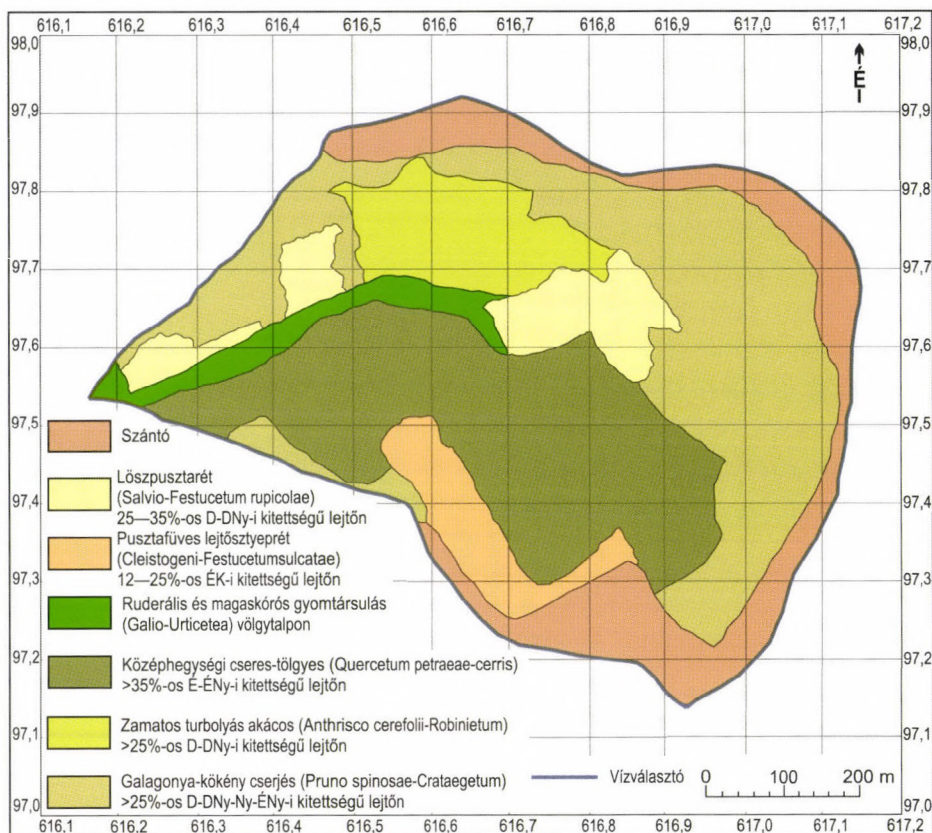


29. ábra. Vízháztartás-értékek megoszlása társulásonként



30. ábra. A Simon-féle természetvédelmi kategóriák megoszlása társulásonként

A HILDA-VÖLGY GEOÖKOLÓGIAI TÉRKÉPE

*Löszpusztarét (Salvio-Festucetum rupicolae)*

A völgyfő 25–35%-os, D-DNy-i kitettségű lejtőjén, valamint az É-i völgyoldal D-i kitettségű lejtőjén gyeptársulás található. A néhány évtizeddel ezelőtt szántóként, ill. még korábban szőlőként hasznosított területen kialakult gyepek a löszpusztarétekkel mutat leginkább hasonlóságot, de fajösszetétele egyértelműen mutatja, hogy másodlagosan kialakult társulásról van szó (30. ábra, 21–22. kép).

A társulás-alkotó *Festuca rupicola* (pusztai csenkesz) a löszpusztarétekkel való rokonságra utal, a degradációt jelző fajok nagy aránya pedig a máig tartó zavarást jelzi. Külön említésre méltó a rendkívül agresszív *Asclepias syriaca* (selyemkóró) nagy számú jelenléte. Ennek ellenére két védett és egy fokozottan védett faj is található a területen: *Cornus mas* (húsos som), *Centaurea triumfettii* (tarka imola), valamint *Centaurea sadleriana* (sadler-imola). A gyepekben a szárazságtűrő és szárazságtűrő fajok dominálnak (29. ábra).



19. kép. A Hilda-völgy látképe



20. kép. A Hilda-völgy völgyfője lőszpusztaréttel és galagonya-kökény cserjéssel



21. kép. Löszpusztarét



22. kép. Degradálódó löszpusztarét (az előtérben *Asclepias syriaca*)



23. kép. Ruderális és magaskórós gyomtársulás



24. kép. Galagonya-kökény cserjés

A fajgazdag társulás jellemző fajai az *Achillea pannonica* (magyar cic-kafark), az *Anthyllis vulneraria* (magyar nyúlszapuka), a *Bromus inermis* (árva rozsnok), a *Plantago media* (réti útifű), a *Poa pratensis* (réti perje), valamint a *Thymus glabrescens* (közönséges kakukkfű). A szukcesszió előrehaladását mutatja a cserjefajok nagy száma és terjedése: jellemző a szomszédos galagonya-kökény cserjés felé való átmenetet képező foltok kialakulása (20–22. kép).

Pusztafüves lejtősztyeprét (Cleistogeni-Festucetum sulcatae):

A vízgyűjtő D-i részén, 12–25%-os lejtőn, ÉK-i kitettségben, de védett helyzetben található a pusztafüves lejtősztyeprét zárt, többszintű társulása. A társulásalkotó, szárazságtűrő fűfajok a *Festuca rupicola* (pusztai csenkesz) és a *Cleistogenes serotina* (kései perje). Két védett faj él a területen: *Adonis vernalis* (tavaszi hérics), *Linum hirsutum* (borzas len).

A szárazsággkedvelő és szárazságtűrő fajok itt mutatják a legnagyobb részese-
sedést a hat társulásban (29. ábra). Jellemző fajok: *Achillea pannonica* (magyar cicka-
fark), *Eryngium campestre* (ördögsekér), *Salvia nemorosa* (ligeti zsálya), *Sanguisorba*
minor (csabaíre vérfű), *Teucrium chamaedrys* (sarlós gamandor), *Thymus praecox* (korai
kakukkfű) valamint a degradációt jelző *Botriochloa ischaemum* (fenyérfű) (2. táblázat-
melléklet; 25. kép).



Ruderális és magaskórós gyomtársulás (Galio-Urticetea):

A völgytalpon található másodlagos gyepek a vízgyűjtő beavatkozásnak leginkább ki-
tett részén, a völgyben vezető út mentén, nitrogénben gazdag,
nyirkos termőhelyen alakult ki (HORVÁTH F. szerk. 1995).

A fajösszetétel, a gym-
fajok nagy aránya egyértelmű-
en utal a közvetlen antropogén
hatásra (30. ábra). A vízháztar-
tás értékek megoszlását mutató
grafikonon látható, hogy a hat
társulásban a nedvességjelző
fajok itt mutatják a legnagyobb
részesedést (29. ábra).

25. kép. Pusztafüves lejtősztyeprét

Jellemző fajok: *Agropyron repens* (közönséges tarackbúza), *Carduus acanthoides* (útszéli bogáncs), *Centaurea banatica* (bánsági imola), *Convolvulus arvensis* (apró szulák), *Galium aparine* (ragadós galaj), *Solidago gigantea* (magas aranyvessző), *Urtica dioica* (nagy csalán) (3. táblázatmelléklet, 23. kép).

Középhegységi cseres-tölgyes (*Quercetum petraeae-cerris*)

Az É-i kitettségű, átlagosan 35%-os lejtésű domboldalt borító közép-hegységi cseres-tölgyes jó növekedésű, többé-kevésbé zárt lomkoronájú erdő. A lombkoronaszintet túlnyomó többségben a *Quercus cerris* (csertölgy) alkotja, ezen kívül előfordul *Quercus petraea* (kocsánytalan tölgy), *Acer pseudoplatanus* (hegyi juhar), *Carpinus betulus* (közönséges gyertyán), *Robinia pseudo-acacia* (akác), *Sorbus torminalis* (barkócafa), *Tilia tomentosa* (ezüsthárs). Társulás- és tájidegen az erdő szélén található *Pinus nigra* (feketefenyő) csoport.

A gyöngén fejlett cserjeszint fajai az *Acer campestre* (mezei juhar), az *Acer tataricum* (tatárjuhar), a védett *Cornus mas* (húsos som), a *Corylus avellana* (közönséges mogyoró), a *Crataegus monogyna* (egybibés galagonya), az *Euonymus europaeus* (csíkos kecskerágó), a *Ligustrum vulgare* (közönséges fagyal), a *Sambucus nigra* (fekete bodza); a liánnövényeket a *Clematis vitalba* (erdei iszalag) és a *Hedera helix* (borostyán) képviselik. A gyepszintben fű- és sásfajok dominálnak. A *Poa nemoralis* (ligeti perje) nagy száma az erdő meg-

nyílását, a lombkorona föllazu-
lását jelzi. A lágyszárú növény-
zetből említésre méltó a védett
Aegopodium podagraria (podag-
rafű). Zavarásra utal a még
nem nagy számban ugyan, de
már jelenlévő *Robinia pseudo-
acacia* (akác) (4. táblázatmelléklet,
26. kép).



Zamatos turbolyás akácos (*Anthriscu cerefolii-Robinietum*):

A vízgyűjtő D-i, DNy-i
kitettségű, 25%-nál nagyobb lej-
tésű domboldalán üde, tápanyag-
ban gazdag, jó vízgazdálkodású
akácos található. E rendkívül
agresszív gyomfa állománya, a
fény- és tápanyagviszonyokat át-

26. kép. Középhegységi cseres-tölgyes

alakítva terjeszkedik a honos fajok rovására. Szintén emberi hatást jelez a *Juglans regia* (közönséges dió) nagyszámú jelenléte. A cserjeszintben megtalálhatók a szomszédos galagonya-kökény cserjés fajai közül a *Cornus mas* (húsos som), a *Cornus sanguinea* (veresgyűrűs som), a *Rosa canina* (gyepürózsa), a *Crateagus monogyna* (egybibés galagonya), de legnagyobb számban az akácokra jellemző nitrogénkedvelő gyomcserje, a *Sambucus nigra* (fekete bodza) fordul elő.

A gyepszintben feltűnő mértékű a gyomok és a zavarástűrő fajok előfordulása (30. ábra). Jellemző fajok: *Anthriscus cerefolium* (zamatós turbolya), *Chelidonium majus* (vérehulló fecskefű), *Galium aparine* (ragadós galaj), *Urtica dioica* (nagy csalán) (5. táblázatmelléklet).

Galagonya-kökény cserjés (Pruno spinosae–Crataegum):

A szomszédos, legeltetett gyepterületet a zavarás hatására meghódító tövises cserjés a vízgyűjtő K-i részén magas, sűrű, áthatolhatatlan bozótot alkot, míg a löszpusztaréttel határos területeken azzal mozaikos elrendezést mutat. A völgytalpat karéjosan körbeölelve D–DNy–Ny–ÉNy-i kitettségekben, átlagosan 25%-os lejtőn található. Jellemző a szárazságtűrő és szárazságtűrő fajok nagy aránya (29. ábra).

Legnagyobb tömegben a *Crateagus monogyna* (egybibés galagonya) és a *Prunus spinosa* (kökény) fordul elő, de – elsősorban a széleken – jelentős számban van jelen *Rosa canina* (gyepürózsa), *Cornus sanguinea* (veresgyűrűs som), *Acer campestre* (mezei juhar) és *Ligustrum vulgare* (közönséges fagyal), *Carpinus betulus* (közönséges gyertyán), *Pyrus pyraeaster* (vackor).

A szomszédos erdő felé való átmenetet, az erdősülési folyamatot jelzik a cserjésből kiemelkedő kisebb fák: a *Fraxinus ornus* (virágos kóris), *Acer campestre* (mezei juhar). Jellemző liánnövények a *Clematis vitalba* (erdei iszalag) és a *Rubus fruticosus* (vad szeder). A kultúrhatást jelzi az idegen fajok megjelenése: *Amorpha fruticosa* (gyalogakác), *Prunus cerasifera* (cseresznyeszilva), *Juglans regia* (közönséges dió) (30. ábra).

A cserjés szegélyén előforduló lágyszárú növények a szomszédos társulásokból: a löszpusztarétről (*Festuca rupicola* (pusztai csenkesz), *Poa pratensis* (réti perje), *Plantago media* (réti útifű)), ill. a szántóföldi gyomok közül (*Consolida regalis* (mezei szarkaláb), *Matricaria maritima* (ebszékfű)) kerülnek ki (6. táblázatmelléklet, 20., 24. kép).

11. Talajeroziós vizsgálatok esőszimulátorral

A közepes méretű, telepíthető esőszimulátorral végzett talajvédelmi mérések új, speciális módszer alkalmazását jelentik Magyarországon. A berendezést a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Karának Vizsgázdálkodás és Meteorológia Tanszékén fejlesztették ki (CSEPINSZKY B.–JAKAB G.–JÓZSA S. 1998).

11.1. A Pannon R-02 esőszimulátor

A Pannon R-02 esőszimulátor egy közép méretű (6x2 m-es) kísérleti parcella esőztetésére alkalmas, lengő szórófejekkel működő berendezés, amely a terepen minden járművel megközelíthető helyen telepíthető és célszerűen használható (27. kép). Fő részei a következők:

1. *Tartó és mechanikus mozgató szerkezet:*

1.1. 3 db „kettőslétra-szerű” fém-állvány, kézi csörlőkkel és 2 db csúcsi merevítő fémrúddal (távtartóval);

1.2. 2 db – egyenként 3 m-es, összekapcsolható – fém tartókeret;

1.3. Tartókeretre szerelt 2 db csapágyas forgatható tengely + összekötő elem;

1 db 24 V-os villanymotor, karos excenter-lehajtással.

2. *Vízellátó és vízkijuttató rendszer:*

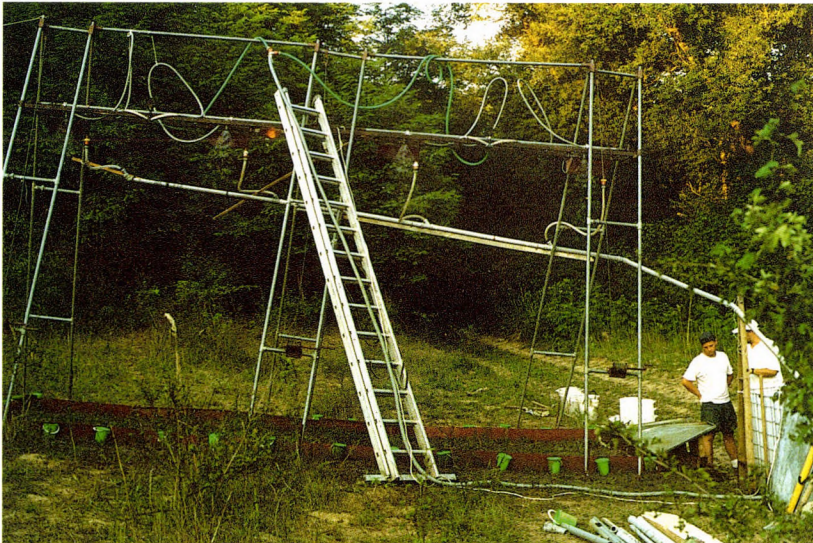
2.1. 1 m³-es flexibilis szállítótartály;

2.2. 1,5 m³-es tárolótartály (az utánfutó fedeléből PE fóliabéleléssel);

2.3. 1 db FO 111 típusú oldalcsatornás önfelszívó körforgó szivattyú;

2.4. Elosztó flexibilis csőrendszer, ellenőrző nyomásmérővel;

2.5. 4 db VEE-JET H1*2U 80100 vagy 80150 szórófej, csatlakozókkal + adapterek;



27. kép. Pannon R-02 esőszimulátor a Hilda-völgyben

2.6. 4 (vagy 8) db túlfolyó tartály – a feleslegesen kipermetezett víz visszavezetésére – és az ehhez szükséges rugalmas és félmerev (PVC) csőrendszer;

2.7. Szélvédő ponyva, használatkor az esőszimulátor állványa tartja.

3. Hordalékfogó rendszer:

3.1. 20 db 1,05 m x 0,22 m vaslemezről készült területhatároló elem + tartószögek;

3.2. 2 db 1–1 m széles, trapezoid alakú gyűjtő edény, az esővédő fedőtálcákkal;

3.3. 15–25 literes (fedeles, lezárható) gyűjtőedények (vödrök, tárolók);

3.4. Mintavevő és mérőedények (1,15 dm² felületű 1 literes mintavevő és légmentesen zárható tároló edények és menzúrák), valamint 1 db 20 kg-os mérleg (± 5 g).

4. Energiaellátó és vezérlő rendszer:

4.1. Honda típusú benzinmotoros áramfejlesztő aggregátor;

4.2. Kisfeszültségű transzformátor és egyenirányító;

4.3. PSION számítógép és program a folyamat vezérlésére + indító ütemadó adapter;

4.4. Villanyvezetékek.

A berendezés „lelke” a kereten elhelyezett – és a működtetés során alternáló-forgómozgást végző tengely (1.3.).

A tengely összesen 4 db VEE-JET 80100 (vagy 80150) típusú szórófejjel (2.5.) van ellátva. A tengely mozgását (és ezzel a tartószerkezet alatt kijelölt megfigyelt terület egyenletesen beöntözését) egy számítógép (4.3.) által vezérelt elektromotor (1.4.) biztosítja. A folyamatosan működő 4 szórófej „vízfüggönye” a motorfordulat 1,54 másodperce alatt kétszer (át- és visszalendülve) megöntözi a kísérleti parcella talaját. A szórófejek ide-oda lengése – normális esetben – a megfigyelt parcella területén a 80100 szórófej esetében 0,037 mm/lengés, a 80150 szórófej esetében 0,057 mm/lengés vízterhelést eredményez.

A „mesterséges eső” intenzitása a számítógép (4.3.) indító impulzusainak gyakoriságától függ és 20–133 mm/óra között $\pm 1,5$ –2 mm/ó pontossággal állítható. A fúvókák üzem közben folyamatosan működnek, vízhozamukat szélső („pihenő”) állásban a tartókeretre erősített gyűjtőedények (2.6.) fogják fel és vezetik vissza a víztartályba (2.2.).

A szakirodalomból ismert, hogy a mesterséges eső előállítására a VEE-JET 80100, ill. a VEE-JET 80150 típusú szórófejek feleltek meg legjobban, kis víznyomás (41 kPa) esetén. Méréseink szerint ilyen nyomáson a víz a következő sebességgel (v) és vízhozammal (Q) lép ki a fúvókákból (10. táblázat).

A felvett szórásképek adatainak feldolgozása lineáris korrelációs összefüggést mutatott ki ($p = 1\%$ valószínűségi szinten) a mérőpadon számolt szórás egyenletlenség és a megfigyelt terület szélén elhelyezett mintavevő edé-

10. táblázat. A szórófejek fontosabb tulajdonságai

Szórófej típusa	Fúvó átmérő, d	Vízsebesség, v	%	Vízhozam, Q
VEE-JET 80100	6,4 mm	7,2 m/s	100,0	14 l/perc
VEE-JET 80150	7,5 mm	7,9 m/s	109,7	21 l/perc

nyek adataiból számolt szórás-egyenetlenség között. Ez a tény kulcsot adott arra nézve, hogy a terepi mérések során a terület szélén, a talajon mért „csapadék-adatokból” a csapadékterhelést és a víz kijuttatásának egyenetlenségét egyaránt elfogadhatóan becsülni, ill. ellenőrizni lehessen.

Egy-egy esőszimulátoros eróziós vizsgálat – az elfolyás-intenzitástól függően – 20–120 mm-es egyszeri „csapadékterheléssel” jár.

11.2. A szimulált eső tulajdonságai

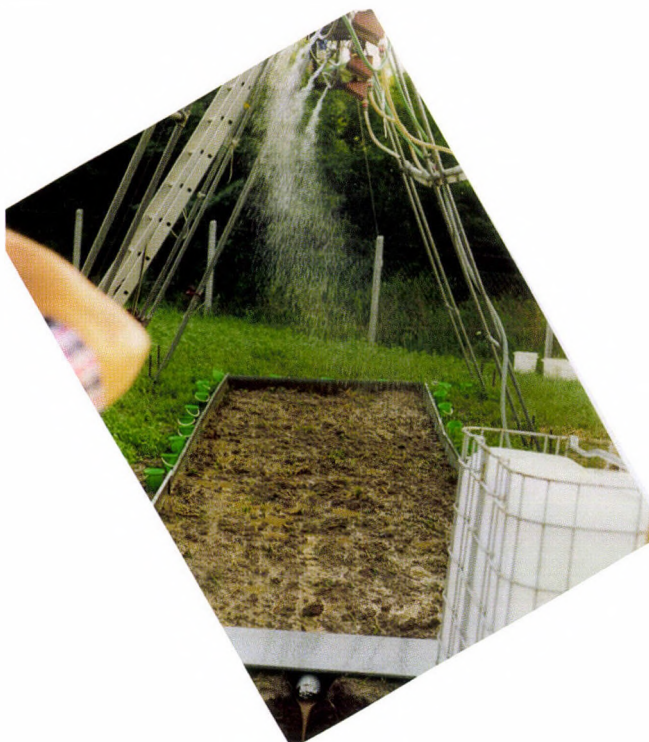
Az eső tulajdonságai jellemezhetők az eső intenzitásával, időtartamával, a csepp-összetétellel (cseppspektrum vagy cseppmegoszlás), valamint a talaj felszínére becsapódó esőcseppek kinetikai energiájával. A mesterséges eső esetén ki kell még térni a kijuttatott eső egyenetlenségére is (amelynek vizsgálatáról sajnos a természetes esőknél sem lehet részletes adatokat találni).

11.2.1. Az alkalmazott mesterséges eső intenzitása

Magyarország területein jelentős eróziót okozó 40 mm/ó intenzitású 15 perces időtartamú csapadékot átlagosan évente egyszer észlelnek, 30 perceset 3 évenként, 40 perceset 5 évenként és 1 óras időtartamút pedig 10 évenként. Ez a gyakoriság indokolta, hogy az esőszimulátorral végzett mérések zömét is ilyen heveségű mesterséges esővel végezzük. Az esőintenzitás talajeróziós hatásait vizsgálva (szántóföldi vízkapacitásig feltöltött talajoknál) 30, 40, 60, 90 és 130 mm/óra intenzitási sávok (28. kép) mellett történnek a mérések.

11.2.2. A szimulált eső cseppösszetétele

A szimulált eső cseppmegoszlásának felvétele a WATOR (Macherey-Nagel) adszorpciós vizsgálati lapok segítségével történt meg 1560 esőcsepp nagyságának meghatározásával. A cseppek átmérő szerinti osztályba sorolása után a cseppek súlyának százalékos megoszlását az alábbi 11. táblázatban a természetes zápor csepp-spektrumával hasonlítjuk össze:



28. kép. A Pannon-R02 esőszimulátor cseppképzése

11. táblázat. A mesterséges és természetes eső csepp-spektrumai

d(mm)s%	0,3	0,8	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	x
Pannon R	0,2	3,2	9,4	22,5	26,6	21,5	16,5	y1
Term. eső	6,0	19,5	20,4	22,1	17,9	14,1	0	y2

A zápor nagyobb súlyszázalékban tartalmaz kisebb cseppeket, mint az esőszimulátor által előállított eső, míg a magasabb csepposztályokban ez fordítva van. A talaj terhelése az esőveréssel elsősorban a nagyobb átmérőjű cseppek nagyobb fajlagos tömegéből (nagyobb zuhanási végsebességéből) származik.

11.2.3. Cseppsebesség a Pannon R-02 esőszimulátornál

Az esőszimulátornál alkalmazott szórófejek cseppképzési tulajdonságait a Spraying Systems gyártó cég vizsgálta meg lézerrel rendelkező hamburgi laboratóriumában, a tanszék által használt kis nyomás (0,41 bar) mellett. A

cseppek megoszlását a 3 m magasan lévő szórófej alatt 2,5 m-re, 2,5 m széles sávban mérték meg ($\pm 1,25$ m-re a fúvóka tengelyétől) a következő eredménnyel (12. táblázat):

12. táblázat. Csepp-összetétel és -sebesség eltérő szórófejeknél

Szórófej típusa	Átlag cseppát-mérő, (μm)	Minimális sebesség, m/s	Átlagos sebesség, m/s	Maximális sebesség, m/s
VEE-JET H1/2u-80100	583,8	0,3	3,86	8,5
VEE-JET H1/2u-80150	1634,5	0,3	4,22	8,7

A fúvókát elhagyó vízszög sebessége meghaladja a 7,2, ill. a 7,9 m/s-t. A szórófejtől a talajig tartó út 3. m-en a keletkező vízcseppek a gravitáció hatására tovább gyorsulnak és olyan sebességet érnek el, mintha legalább 7 m magasról szabadeséssel „zuhantak volna le”. A vizsgálat alátámasztja előzetes számításunkat, miszerint a cseppek zöme eléri esési végsebességét és az esőcseppek közel „természetes” becsapódási sebességgel érnek talajt (29. kép).

11.3. Az esőterhelés, a talajba való beszivárgás és a lefolyás mérése

Az esőztetés folyamán az egyenletesség és az esőterhelés mértékét mérésenként a hosszabb oldalak mentén a talajon 50 cm-enként elhelyezett 113 cm²



29. kép. Az esőcseppek eléri a talajt

felületű mintavevő-edények segítségével követtük. Azt tapasztaltuk, hogy enyhén szeles időben sem csökkent a berendezés szórás egyenletessége a még elfogadható Christiansen-féle 80% szórás egyenletesség alá. Az esetleges párolgási veszteségek miatt ellenőriztük folyamatosan a csapadékterhelést a talaj felszínén.

Az esőztetett vizsgálati területről (12 m²) lefolyó, talajrészeket szállító vizet – 15–25 literes gyűjtő-ülepítő edényekben – maradék nélkül összegyűjtöttük. Ezzel párhuzamosan edényenként rögzítettük az esőztetés megindulásával kezdődő „folyamat-időt”. Az így kapott idősorok képezték azon alapadatokat, amelyekből a talaj aktuális (minimális) vízáteresztés-intenzitását becsültük. Horton szerint a vízáteresztés intenzitása a talajban időben exponenciálisan csökken – egy bizonyos állandó értékig. Mi is a Horton-modellt használtuk kiindulásként a paraméterek becslésére alkalmasabb (kumulált vízáteresztés-, vízlefolyás intenzitása és a kumulált vízlefolyás-) egyenletek felállításánál. Az esőztetés befejezésével mértük a területen az eső után lefolyó víz összegyülekezési idejét és mennyiségét is.

11.4. A Pannon R-02 esőszimulátor alkalmazása Bátaapáti térségében

11.4.1. Telepítés

A mérések helyét előzetes terv alapján határoztuk meg és tűztük ki a vizsgálni kívánt területek jellemző részein. A területen 2 mérőhelyet választottunk ki, az első barna erdőtalaj lejtőhordaléka, a második erősen erodált barna erdőtalaj típusba sorolható. A kiválasztott területek egyike fekete ugar (frissen művelt, fedetlen felszín az eróziós mérőkert területén), a másik (birka-, kecske-) legelőként hasznosított gyepvegetációval fedett terület a Hilda-völgy É-i oldalában. A lejtők meredeksége 11%, ill. 17%. Mérőhelyenként kétfajta mérést végeztünk: az elsőt a talaj száraz állapotában, a második típusút (az előbbi után 6–24 órával) nedves talajállapot mellett.

Mivel az esőintenzitás eróziós hatását is vizsgálni kívántuk, ezért mérőhelyenként 5 mérést hajtottunk végre (eltérő intenzitások alkalmazásával). A természetes állapotú („érintetlen”) megfigyelt téglalap alakú parcella nagysága 6x2 m = 12 m², amelyet az esésvonalakkal párhuzamos hossz-tengellyel tűztünk ki a terepen.

11.4.2. Az esőterhelés és lefolyás mérése

A megfelelő helyen kijelölt kísérleti parcellát (12 m²) a nemkívánatos el- és ráfolyás meggátolására függőleges fémlemezekkel határoltuk (3.1). Az öntözött

terület minden irányban min. 0,5 m-rel meghaladja a megfigyelt területet (azaz a megfigyelt területnek közel a dupláját – 3 x 7 m-t – esőztetjük a „szegélyhatás” mérséklése érdekében). Itt meg kell említenünk az eső-szimulátor telepítésével kapcsolatos eróziót mesterségesen növelő tényezőket. A parcella területén ugyanis a telepítés szükségszerűen okoz minimális „talajsebeket”. Ezen talajsérüléseket igyekeztünk a munka során minimálisra korlátozni, de az elkerülhetetlen kisebb talajfelszín-változásokat, kéreg-töréseket (gitt, ill. vízüveg felhasználásával) a mérések előtt „rögzítjük”. Ezzel a technikával sikerült a mesterséges beavatkozás talaj-elmozdulást elősegítő hatását a minimumra csökkentenünk.

A terület alsó részén két fémből készült, lejtés irányába szűkülő gyűjtőelem (3.2.) gyűjtötte össze a megfigyelt parcella felszínén elfolyó vizet és a gyűjtő-gödörbe állított mérő-(ülepítő-)edényekbe (3.3.) vezette. A területről az összes (mérésenként 50–300 liter) lefolyó vizet összegyűjtöttük és a folyamatidő rögzítése mellett megmértük (30. kép). A kapott adatokból a lefolyás-intenzitás változásai követhetők. Ennek és a „csapadékterhelésnek” ismeretében a talaj – aktuális fizikai állapotából következő – eső-befogadó és áteresztő képessége is meghatározható.

A víz és a lehordott talaj szétválasztására az összes felfogott tételt 15–25 literes edényekben 3–10 napig ülepítettük, majd lefejtéssel szeparáltuk (31. kép).



30. kép. A felszíni elfolyás mérése



31. kép. A felszíni elfolyás fázisbontása

A mérés után rögtön kitűnt, hogy a területen a felületi rétegerózió mértéke nem számottevő, erre a lehordott anyag minimális mennyiségéből azonnal következtethettünk.

11.5. Talajok víznyelő- és vízáteresztő-képességének vizsgálata esőszimulátorral

A Pannon R-02 esőszimulátorral végzett mérések során lehetőség nyílt a vizsgált parcella konstans vízáteresztő képességének meghatározására. A módszer nagy előnye, hogy a hagyományos módszerekkel (keretes beáztatás, laboratóriumban vizsgált, bolygatatlan talaj-minta stb.) szemben a helyszínen, természetes körülmények között, „*in situ*” mérhető, a vizsgált terület 12 m², amely sokkal jobban tükrözi a talaj inhomogenitását (JAKAB G.–SZALAI Z. 2005).

Adott nedvességtartalmú talaj a felületére érkező csapadékot – annak intenzitásától függően – részint elnyeli, részint a gravitációnak megfelelően – a felszínen elvezeti. A talaj víznyelő képessége nagyban függ annak nedvességi állapotától. A száraz talajra érkező csapadék kezdetben nagy intenzitással szivárog a talajba és – többek között – kötődik az ott található agyagásványokhoz. Ezek a vízfelvétel során megduzzadnak, ennek következtében leszűkítik a talaj gravitációs pórustérét.

A gravitációs pórustér lecsökkenésének következményeként a talaj vízbefogadó képessége is folyamatosan csökken. A csökkenés mértéke egyre inkább lassul, míg végül a felszíni rétegben található összes talajkolloid és agyagásvány beduzzad, a pórustér nem szűkül tovább és a talajréteg nem képes további víz befogadására. Ebben az állapotban a felszínen csak annyi víz jut a talajba, amennyi a rétegből lefelé (esetleg oldalt) eltávozni képes (32. kép).

A talajréteg ilyenén módon beálló konstans víznyelését nevezzük vízáteresztésnek. Az egymás alatt elhelyezkedő rétegek eltérő tulajdonságaiból adódóan a terület vízáteresztését a felszínhez közeli legkisebb vízáteresztésű réteg limitálja.

A mérések során a parcellát egy adott intenzitású esővel folyamatosan öntözve addig nem tapasztalható elfolyás, míg a talaj vízáteresztő képessége nagyobb az eső intenzitásánál. Abban a pillanatban, amikor e két érték egyenlővé válik, a talaj felszínén megjelenik a lassan lefelé mozgó vízfilm (a talaj kifényesedik). Ettől kezdődően a vízfolyás intenzitása folyamatosan növekszik, fordított arányosságban a talaj víznyelő képességének csökkenésével.

Az esőztetés megindításának pillanatában a vezérlő számítógép elkezd mérni a folyamatidőt, így a kifényesedéshez, az elfolyás megindulásához és a pillanatnyi elfolyás-intenzitásokhoz időértékek rendelhetők. Mivel a vízáteresztés beállása az esőztetés megkezdése után esetenként órák múlva következik be, valamint a víznyelési periódus végén az elfolyás-intenzitás értékek változása igen csekély, így olyan módszert kerestünk, amely viszonylag rövid idő alatt megbízható eredményt ad.



32. kép. A feltalaj teljesen telítődött vízzel

Az elfolyás-intenzitás értékeit időtengelyen ábrázolva – a Horton (1933) által felállított modell segítségével – meghatározható az a függvény, amely a két változó összefüggését írja le. Az éppen vizsgált terület speciális vízgazdálkodási adottságai az összefüggésben paraméterként jelennek meg, így maga az egyenlet komplex módon, globálisan alkalmazható.

Ha tehát a mérés folyamán meghatározunk kellő számú, folyamat-időhöz rendelt, pillanatnyi elfolyás-intenzitás értéket (vagyis állandó csapadékintenzitás mellett mérjük a területről egységnyi idő alatt lefolyó elhordás mennyiségét), úgy ezekre a „pontokra” már nagy biztonsággal illeszthető a fent említett összefüggés.

Az illesztés során az egyenlet paramétereit a vizsgált terület sajátosságai szerint módosítva, iterációs lépések során jutunk el azok helyes, a területet valóban jellemző értékeig. Vagyis a mérés során nem kell az esőztetést addig folytatni, míg elérkezik a konstans vízáteresztés, hanem elegendő mért „pont” birtokában az befejezhető. Az összefüggés általános formája a következő:

$$Y = P_0 * (x - P_1) - (P_0 / P_2) * (1 - \exp(-P_2 * (x - P_1)))$$

Az egyenletben szereplő változók és a három paraméter az alábbiak szerint értelmezhető: Y = kummulált elfolyás (l), x = folyamatidő (min), P_0 = maximális, konstans elfolyás intenzitás (l/min), P_1 = az elfolyás megindulásának ideje (min), P_2 = elfolyás változási mutató (l/min).

A P_0 paraméter ismeretében annak értékét kifejezhetjük mm/h mértékegységben. (Mivel az elfolyó víz mennyiségét 12 m²-ről mérjük, az óra-perc-váltás pedig 60, ezért l/min * 5 = mm/h) Így az ismert esőintenzitás értékéből kivonva a maximális elfolyás-intenzitás értékét eredményül adódik a vizsgált parcella vízáteresztés értéke mm/h-ban.

Az értékelhető méréseket a beöntözés után 24 órával végeztük, immár közel szántóföldi vízkapacitásig feltöltött nedvességtartalmú talajon. Eredményül az alábbi értékek adódtak (13. táblázat). Az 1 számjegyű jelek a fedetlen lejtőhordalékon, a 2 számjegyűek a gyeppel fedett, erodált barna erdőtalajon mért értékeket jelentik.

13. táblázat. A mérésekhez kötődő elfolyás és beszívargás értékek

Mérés jele	Esőintenzitás	Elfolyás-intenzitás	Elvi vízáteresztés
	mm/h		
B1	46	5,25	40,75
B2	29	7,35	21,65
B3	75	26,45	48,55
B4	106	47,4	58,6
B5	54	17,1	36,9
B6	60	25,95	34,05
B10	33	–	–
B11	99	25,3	73,7
B12	74	40,5	33,5
B13	53	25,3	27,7
B14	36	12,35	23,65
B15	28	7,65	20,35

Szembetűnő, hogy a talaj vízáteresztése egyik parcella esetében sem egy állandó érték, hanem az esőterhelés intenzitásának növekedésével nő. E jelenség a talajfelszínen megjelenő megnövekedett víztömeg növekvő nyomásával magyarázható. A hagyományos módszerek a talaj vízáteresztését a csapadékin-tenzitástól függetlenül állandó vízborítás mellett mérik. Ha azonban a felszínen tartózkodó víznek nem csak egy irányba (a talajba) van távozási lehetősége, hanem a felszínen lejtőirányba is megindulhat (ahogy a folyamat a természetben is lejátszódik), akkor a vízáteresztés intenzitása már nem csak a feltalaj tulajdon-ságaitól, hanem a területen egyszerre tartózkodó víz mennyiségétől is függ.

Mivel a vízáteresztést e módszer esetén közvetetten, a terhelés és az elfolyás különbségeként számítjuk, így értékében szerepel minden olyan víz-mennyiség, amely esőcseppek formájában elérte a felszínt, de nem folyt el. A felszín elérése azonban nem jelenti feltétlenül a talajra érkezést. A növényvel borított talajon a csapadék egy része megül a leveleken és különböző föld

feletti részeken, majd onnan elpárolog (*intercepció*). Ez a vízmennyiség tehát nem szivárog a talajba a mérés ideje alatt és nem is folyik el, csakúgy mint a parcella mikrodomborzatából adódó helyi mélyedésekben megülő, tócsákban ideiglenesen tárolódó csapadék.

A kisebb intenzitású csapadékoknál nem mutatkozott jelentős eltérés a fedett és a fedetlen parcella vízbefogadó képessége között. A nagyobb intenzitásoknál már bizonyíthatóan a frissen művelt fekete ugar produkálta a nagyobb vízáteresztést. (Ennek oka a talajtulajdonságokon kívül a meredekebb lejtő is.) E megállapítás alól csak a gyepen végzett 99 mm/h intenzitású mérés kivétel. Valószínűsíthetően a mérés folyamán az extrém csapadékesemény hatására valahol a parcella területén átjárhatóvá vált egy krotovina, amely nagymértékben megnövelte a talaj vízbefogadó képességét.

11.6. A talajelhordás mennyiségének vizsgálata

A folyamat bekövetkezééhez alapvetően szükséges, hogy a víz rendelkezze akkora energiával, amely képes legyőzni a talajszemcsék, mikro-aggregátumok egymást összetartó erejét. Ez az energia egyrészt kémiai, másrészt mozgási energia lehet, amelyek kiegészítik egymás hatását. Ha a talaj már nem képes magába fogadni a felületére érkező vizet, az a lejtőn megindulva a nedvesség által már peptizált aggregátumokat könnyen megbontja és magával ragadja.

A lefelé hulló csepp – átmérőjétől függően – jelentős kinetikai energiával rendelkezik. Becsapódáskor ezen energia egy része az aggregátumok „szétrobbanását” okozza (csepperózió). A csepperózió jelensége akkor válik különösen számottevővé, ha a területen már kialakult a felszínt borító, lassan lefelé mozgó vízfilm. A szétrobbanó szemcsék törmelékei így ugyanis nem a talaj felszínére hullanak vissza, hanem a lefelé mozgó vízrétegre, amely ez esetben sokkal könnyebben ragadja azokat magával. Az 14. táblázat az öntözés hatására a felszínen elmozduló (lefolyó) víz mennyiségét, valamint a víz által szállított hordalék mennyiségét mutatja be. A b1, ill. a b10 jelű kezelések „száraz”, a többi szabadföldi vízkapacitásig feltöltött talajon történtek. Az egyes kezelések esőterhelésének végeztével a területen több-kevesebb víz tárolódik a talajfelszínen. E víztömeg egy része a talajba szivárog, más része pedig lefolyik. Egyes kezelések utolsó sorában ennek az „eső utáni” elfolyásnak az adatai találhatók.

A lefolyó víz mennyisége párban a lefolyás időadataival igazolja, hogy állandó intenzitású esőterhelés mellett kezdetben egységnyi idő alatt mind több és több víz távozik a területről. A növekvő ütemű elfolyás és a hordalék-szállítás között azonban jelen esőterheléseknél, kezeléseken belül nem mutatható ki igazolható összefüggés. Ennek oka egyrészt a mikrodomborzat inhomogenitásában (krotovinák és ezek esetleges átszakadása, lineáris elemek

14. táblázat. Az öntözések hatására lefolyt anyag főbb paraméterei

Mérés jele	Edény jele	Esőintenzitás mm/h	Elhordás térfogata, liter	Szárazanyag, g	Zagysűrűség, g/l
b1	k1	46	4,3	29	6,7
b2	k2	29	16,9	94	5,6
b3	k3	75	17	238	14,0
b3	k4	75	14	240	17,1
b3	k5	75	18	280	15,6
b3	k6	75	5,5	52	9,5
b4	k7	106	15	195	13,0
b4	k8	106	15	249	16,6
b4	k11	106	16,1	269	16,7
b4	k9	106	18,5	312	16,9
b4	k10	106	17,2	312	18,1
b4	v15	106	7,5	97	12,9
b5	k12	54	16	182	11,4
b5	k13	54	16	184	11,5
b5	k14	54	15,3	155	10,1
b5	k15	54	3,2	24	7,5
b6	k16	60	15	257	17,1
b6	k20	60	17	259	15,2
b6	k18	60	18	288	16,0
b6	v3	60	4,5	41	9,1
b10	k42	33	10	34	3,4
b11	k21	99	16,4	155	9,5
b11	k22	99	15,8	112	7,1
b11	k23	99	15,6	101	6,5
b11	k24	99	17,6	106	6,0
b11	v9	99	6,8	7	1,0
b12	k43	74	16,2	93	5,7
b12	k25	74	15,3	67	4,4
b12	k26	74	17,5	74	4,2
b12	v11	74	8,9	8	0,9
b13	k90	53	16,2	68	4,2
b13	k91	53	15,3	58	3,8
b13	v4	53	6,3	4	0,6
b14	k94	36	20	56	2,8
b15	v14	28	14	31	2,2

területen belüli áthelyeződése, az eső hatására bekövetkező folyamatos mikrodomborzat változás), másrészt a növényzet talajvédő szerepében keresendő.

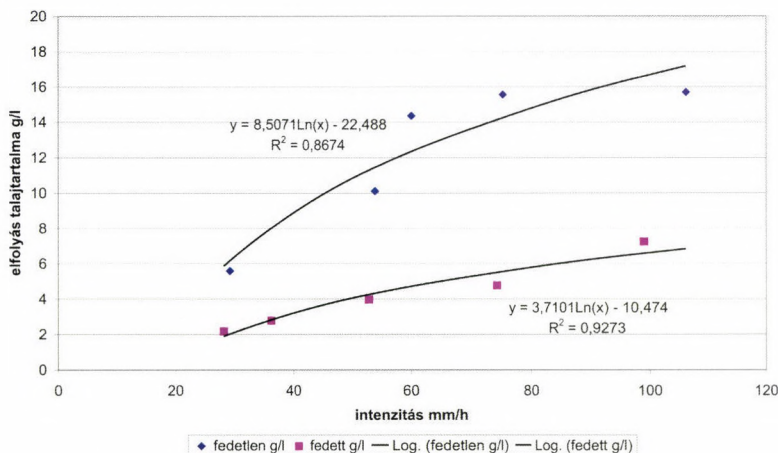
A talajelhordás mennyiségéért nem elsősorban a növekvő víztömeg, sokkal inkább a talajfelszín elértő cseppek száma és kinetikai energiája a felelős. Ezt látszik alátámasztani az esőztetés befejezése után a területről lefolyó víz hordalékszallító képessége. Ez az érték egyik kezelés esetében sem éri el az esőztetés átlagos egységnyi vízre jutó hordalékszallítását.

Ha az egyes kezeléseket az egy kezelésen belüli átlagos zagysűrűség értékkel jellemezzük, akkor kapcsolatot kereshetünk a csapadék intenzitása és a hatására meginduló lefolyás talajtartalma között (32. ábra).

Az ábrán jól látható, hogy a csapadék intenzitása meghatározza a vizsgált parcelláról lefolyó víz talajtartalmát. Az összefüggés mind a fedett, mind a fedetlen parcella esetében kifejezett és exponenciális. A gyepvegetációval fedett talaj esetében egységnyi intenzitásnövekedés kisebb mértékben növeli a talajelhordást, mint a fedetlen parcella esetében. A növényzet talaj védő szerepe azonban nem csak ebben nyilvánul meg, hanem a talajelhordás abszolút értékében is. Annak ellenére, hogy a növényzettel borított parcella lejtése (17%) meghaladta a fedetlen parcella lejtését (11%), mégis e második esetben mérünk 2–3-szor nagyobb talajvesztésget (BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2003).

11.7. A „K” erodálhatósági tényező meghatározása

Az erodálhatóság minden talaj konkrét, számszerű jellemzője, amely megmutatja, hogy azonos lejtés, fedettség, művelés és csapadék viszonyok között az adott



32. ábra. Összefüggés a csapadék intenzitása és az elfolyás talajtartalma között fedett és fedetlen parcellán

talajról mennyi hordalék távozik. Értéke nem köthető egyes talajtulajdonságokhoz, de több jellemzővel is szoros korrelációban áll. Meghatározása talajtani paraméterek alapján, számítással, vagy az általános talajvesztési egyenlet felhasználásával kísérleti mérések útján végezhető. Az egyenlet a következő:

$$A = R * K * L * S * C * P,$$

ahol A = egységnyi területre eső, egységnyi idő alatt fellépő talajvesztés (t/ha), R = esőtényező, egységnyi idő alatt a területet terhelő záporok eróziópotenciálja, K = a talaj erodálhatóságát kifejező tényező, L = a lejtőhosszúság, S = a lejtőhajlás tényezője, C = a növénytermesztés és gazdálkodásmód tényezője, P = a talajvédelmi eljárások tényezője (WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1978).

A felsorolt tényezők számszerű adatait az USA-ban folytatott nagy tömegű kísérlet adatai alapján határozták meg és kapcsolták össze tapasztalati alapon. A vizsgálatok 22,1 m hosszú, 9%-os lejtésű, hegy-völgy irányban művelt, legalább 2 évig szántott, de növénymentesen tartott parcellákon folytak, ilyen körülmények között mérték az elhordott talaj mennyiségét. Vagyis az L , S , C , P tényezők a fent leírt állapotban tekinthetők standardnak, azaz értékük ilyenkor 1. Tehát a parcellákon az elhordott talaj mennyisége az eróziós potenciál (R) és a talaj erodálhatóságának (K) szorzatára egyszerűsödik. Ilyen, standard körülményekkel bíró parcellák telepítésével, a körülmények fenntartásával valamint az elhordás és esőterhelés pontos nyomon követésével mérés útján meghatározható a K érték.

A kísérleti méréseket továbbfejlesztve újabb parcellák felállítására került sor. Ezek a parcellák az eredeti, standard parcelláktól csak egy meghatározott tényezőt tekintve különböznek. Az ily módon nyert új lefolyásértékek összehasonlítva az eredeti parcellák lefolyásértékeivel lehetőséget adtak a vizsgált tényező számszerű értékének meghatározására. Ennek alapján, kellő számú mérés birtokában meghatározható az összefüggés a tényező egyenletbeli értéke és a területi adottság között, vagyis minden egyes lejtőhajláshoz tartozik egy S érték, lejtőhosszhoz L érték stb.

Az L , S , C , P tényezők tehát dimenzió nélküli viszonyszámok, amelyek azt mutatják meg, hogy a vizsgált terület lejtése vagy lejtőhossza mekkora hatással van a talajelhordásra a 9%-os vagy 22,1 m hosszú lejtőhöz képest. Vagyis az „ A ” talajelhordás t/ha mértékegysége kizárólagosan az $R * K$ szorzatból vezethető le. Az eróziópotenciál (R) mértékegységeként – számítása alapján – az SI-rendszerben a „ $\text{KJ/m}^2 * \text{mm/h}$ ” dimenzió adódik, amely egyszerűsítés után N/h . A „ $K = A/R$ ” összefüggés alapján az erodálhatóság (K) mértékegysége „ $\text{t/ha} / \text{N/h}$ ”. Tehát a K érték azt mutatja meg, hogy 1 Newton erő 1 óra alatt 1 hektár területről hány tonna talajt tud elhordani.

Az esőszimulátoros mérések során állandó (6 m hosszú, 2 m széles) területnagyságot öntözünk a lejtés, az esőintenzitás (potenciál) ismeretében és

az elhordás mérésével. Ha ezeket a vizsgálatokat – az egyszerűség kedvéért – lejtőirányban művelt fekete ugaron végezzük, úgy a C , P tényezők értéke 1, az L , S tényezők értéke táblázatból meghatározható, az R értékét kedvünk szerint változtathatjuk, az A értékét pedig mérjük. Vagyis az egyenletből a K kivételével minden érték ismert, így lehetőség nyílik annak meghatározására (15. táblázat).

15. táblázat. A „ K ” tényező értékei az egyes méréseknél

Mérés jele	Hullott eső, mm	Intenzitás, mm/h	Talajvesztesség, t/ha	„ K ” erodálhatósági tényező
B1	45,4	46	0,02	0,006
B2	18,5	29	0,08	0,085
B3	14,3	75	0,67	0,314
B4	22,5	106	1,19	0,246
B5	10,8	54	0,45	0,411
B6	11,2	60	0,70	0,541

Az egyedi, egy csapadékeseményre korlátozott, eső-szimulátoros mérések a talaj pillanatnyi állapotát tükrözik, így e módszerrel a K érték ingadozhat. Ugyanez elmondható a talaj egyéb paramétereiről is (pl. nedvességtartalom).

A nedvességtartalom szerepe a mért értékekben is jól tükröződik. A B1 jelű mérés száraz, a B2 jelű szántóföldi vízkapacitásig feltöltött talajon történt. Az ezt követő mérések a felszíni víz eltűnése után, majdnem telített állapotú talajon folytak. A K értékek ebből adódóan nagyon széles tartományban mozognak. Az érték növekedésében szerepet játszik még a talaj folyamatos tömörödése és kérgesedése.

A mérés kezdetén magágy állapotú talaj a nagy intenzitású csapadékok hatására minden mérésnél tömörebbé válik, felszínén pedig egyre vastagszik a csepperózió hatására keletkező szerkezet nélküli, kis vízáteresztésű réteg. Mindent összevetve megállapítható, hogy a vizsgált talaj száraz, ill. enyhén nedves állapotban jól ellenáll a felületi rétegerózióknak. A vízzel telített, tömörödött, kérges talaj azonban nagyon könnyen erodálódik.

12. Talajerozió mérése parcellákon

12.1 Előzmények

Az MTA FKI a Bátaapáti közelében 2002-ben méréssorozatot kezdett a talaj erodálhatóságának meghatározására (BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2002). Ennek a célnak az egyik kulcseleme a Wischmeier-Smith összefüggés K tényezőjének

meghatározása terepi mérési adatok alapján. A *K* tényező elfogadható pontosságú meghatározása legalább egy éves méréssorozatot igényel. A nagyobb pontosságú, a valósághoz közeli *K* értékek kiszámításához természetesen több, de minimum 2–3 esztendőn át tartó észlelésből származó adatok feldolgozására van szükség. A vázolt célok eléréséhez a projekt első évében megtörtént az eróziós mérőkert tervezése, engedélyeztetése és megépítése. Az azóta eltelt időszakban, a mérőkertben folyamatosan regisztráljuk a természetes csapadékokat és az általuk okozott talajpusztulást is (33. kép).

12.2. Méréstechnika

A természetes csapadékok által okozott eróziót a kísérleti parcellán kiépített mérőkertben regisztráljuk. A parcella a szabvány előírásainak megfelelően 22,1 x 1,87 m-es, azaz 41,327 m² alapterületű, egyenletes, 7–9% közötti lejtésű, gyomtalanított lejtőszakasz. A parcellákról a természetes esők eróziót okozása által erodált talajt és az elfolyás mennyiségét mérjük. A parcellát horganyzott vaslemezekből álló oldalfal különíti el a környezetétől. Az oldalfalak magassága 40 cm, amelyből 25 cm a talajba van süllyesztve, 15 cm a felszín felett található (BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2003).

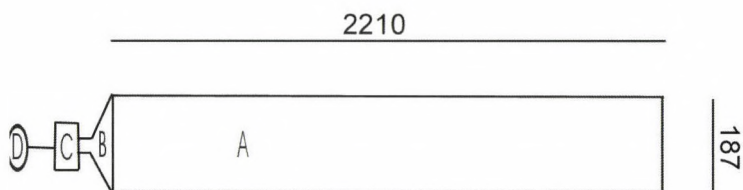


33. kép. Az eróziós mérőkert Bátaapátiban (2006)

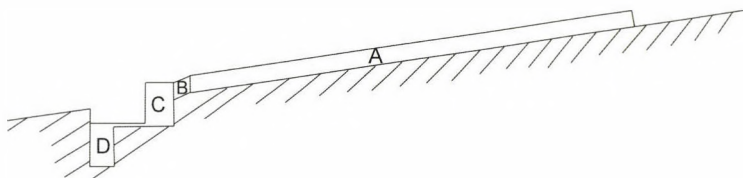
A parcella alján szintén horganyzott vaslemezről készült, háromszög alakú terelő biztosítja a területről lefolyó víz, ill. erodálódó anyag összegyűjtését (33., 34. ábra). A terelő a parcella rövidebbik oldalához egy süllyesztett küszöbvel kapcsolódik, szélessége itt 1,98 m, lejtőirányban egyenletesen szűkül, 1,2 m-re a parcella szélétől 0,2 m széles és itt kapcsolódik a mintavételi dobozba. A kiüledés meggátlása miatt esése ~ 15%. A hordalék felfogása egy fedővel zárt mintavételi dobozban történik.

A mérőkert automatikusan regisztrálja a beépített szenzorok által gyűjtött adatokat. Az adatgyűjtést két adatgyűjtő (*databox*) végzi. Az adatgyűjtők eseményorientált programozásúak, azaz adatrögzítés kizárólag a jeladók (szenzorok) működése esetén történik. Ez az események nagy pontosságú követését teszi lehetővé. A csapadékeseményeknél így másodpercenkénti, a többi szenzor esetében pedig perces pontosságú adatrögzítési sűrűséget tudunk elérni. A mérőkertben a lehordott szediment gyűjtése és mérése igényel egyedül emberi beavatkozást. Az így gyűjtött adatok csapadékeseményekhez kötődnek, és naplózás után kerülnek számítógépes rögzítésre. Az erodálhatóság (*K*-tényező) meghatározása ez esetben is a 11.7 fejezetben leírtak szerint történik.

Mivel az egyenlet eredetileg hosszabb időtáv összesített adataival dolgozik, ezért az egyedi mérések eredményei némiképp eltérhetnek a *K* érték meghatározásánál. A fekete ugar kritérium két évig növénymentesen tartott, de



33. ábra. Wischmeier-Smith féle parcella vázlatos rajza (torzított méretarány). – A = parcella; B = terelő; C = mintavételi doboz; D = műanyag hordó



34. ábra. Az eróziós parcella vázlatos metszete (torzított méretarány). – A = kerítés; B = terelő; C = mintavételi doboz; D = műanyag hordó

folyamatosan művelt (évente szántás és vetőágy készítés, gyomosodás és kéregképződés ellen alkalmankénti kultivátorozás) területet jelent. Nyilvánvaló, hogy a szántást követő napon más lesz a talaj vízbefogadó képessége, erodálhatósága, mint vetőágy-készítéskor vagy hosszasan bolygatatlan állapotban, ülepedetten. Éves viszonylatban ezek az értékek átlagolódnak.

2006 június végén egy extrém csapadékesemény olyan mértékű talajpusztulást okozott az eróziós mérőkert területén amely meghaladta a rendszer mérési kapacitását. Az elhordott talajmennyiség miután feltöltötte a mérőedényeket, megrongálta a parcellákat, ill. a kihelyezett műszereket is (34. kép). A mérőkertben a parcellák kitakarítása és a műszerek újra kalibrálása után pár napon belül újra tudtuk indítani a méréssorozatot, komolyabb károsodást csak a felszíni lefolyás mérésére használt billencsek szenvedtek.

12.3. Mérési eredmények

A 2006. évi méréssorozatot február közepén kezdtük meg. A vizsgált időszakban a csendes esők mellett több nagy intenzitású és mennyiségű csapadékokat regisztráltunk.



34. kép. Extrém csapadékesemény okozta feltöltődés a mérőkertben

12.3.1. Csapadékmérés

A csapadékmérőt az eróziós parcellák közvetlen közelében helyeztük el. Telepítésénél fontos szempont volt, hogy minél közelebb kerüljön a talajfelszínhez – így a ténylegesen a felszínt elérő csapadékot regisztrálja – másrészt pedig nyílt területen álljon, semmi ne árnyékolja le. A regisztrált csapadékesemények igen széles skálán mozognak mind csapadékmennyiség, mind intenzitás tekintetében. A kihelyezett műszer előnye, hogy a lehullott csapadékot 0,2 mm-es egységenként regisztrálja, így az intenzitás értékeinek pillanatnyi változásairól is információt nyerhetünk.

A csapadék, mint az eróziót kiváltó tényezők egyik legfontosabbika nagyban meghatározza a talajok lepusztulásának mértékét és dinamikáját. Az elhordott talaj mennyiségének ismeretében a vizsgált talajról csak úgy tehetünk megállapításokat, ha ismerjük a talaj elhordását kiváltó csapadékokat is. Egy csapadékesemény leírásához – az eróziómérés szempontjából – nem elég annak mennyiségét megadni, fontos paraméter a csapadékhullás időtartama is, amelyekből számítható a csapadékesemény intenzitása. A „K” erodálhatósági tényező meghatározásához azonban még pontosabb adatokra van szükség, nyomon kell követni az eső pillanatnyi intenzitását csapadékeseményen belül is.

Általában igaz, hogy a nagyobb mennyiségű csapadékok nagyobb intenzitással is járnak együtt, különösen a tavaszi, nyári zivataros időszakokban. Ugyanakkor többször regisztráltunk olyan csapadékeseményt (pl. június 14-én), amelynél viszonylag kis mennyiség mellett jelentős intenzitás volt kimutatható. Az intenzitás értéke – leszámítva a csendes esőket – csapadékeseményen belül folyamatosan változik. Fontos tehát vizsgálni a magas intenzitású periódus hosszát és elhelyezkedését a csapadékeseményen belül. Ugyanaz a csapadékesemény jelentősen nagyobb talajpusztulást tud okozni, ha az intenzitás csúcserőke a csapadékesemény végén áll be, mintha a hevesen induló eső fokozatosan alábbhagy.

A vizsgált időszakban előfordult hosszan tartó csendes eső, zápor és zivatar. A fentiekén kívül többször jelentkezett 0,4 mm alatti csapadékmennyiség, amelynek intenzitásáról a metodikából adódóan nincs információnk. E csapadékok nagy része valószínűleg harmat, de van közöttük eső is, szerepük a látszat ellenére jelentős lehet az erózió folyamatában a talajnedvességre gyakorolt hatásuk miatt.

A 2006. évben a mérőkert területén február 24. és november 6. között 569 mm csapadék hullott, amely nagyságrendileg megegyezik a tavalyi év azonos időszakában mért értékkel. A legnagyobb intenzitást csapadékeseményen belül június 13-án hajnalban mértük, amely majdnem egy percen keresztül meghaladta a 100 mm/h értéket. A viszonylag rövid zivatar a jelentős intenzitás mellett 17 mm csapadékot jelentett.

Június 29-én és 30-án két olyan csapadékesemény következett be, amelyek külön-külön is a fent leírt erodáló hatással rendelkeztek. A kettő között eltelt idő rövideje miatt azonban e hatások nem csak összeadódtak, hanem hatványozódtak. E felhőszakadások idézték elő a mérések kezdete óta nem tapasztalt mértékű talajpusztulást.

Az eddig eltelt évek során a talajvesztesség zöme nyár végén néhány heves felhőszakadáshoz kötődött. A 2006. évben szintén csak néhány csapadékesemény felelős a talajpusztulás meghatározó részéért, azonban ezek nem nyár végén, hanem június hónapban jelentkeztek. Ebben az időszakban 174 mm csapadék hullott, ami csaknem harmada az egész szezonban mért értéknek. A talajvédelem szempontjából a júniusi csapadékmaximum egyes szántóföldi kultúrák esetében (pl. kukorica) kedvezőtlenebb, mivel ekkor kisebb a talaj fedettsége.

Ha a csapadékok talajpusztító hatását számszerűsítő „*R*” tényező szempontjából vizsgáljuk a kérdést, úgy még nagyobb aránytalanságot tapasztalunk. A 2006. év vizsgált időszakára jellemző – az elmúlt évekhez képest magas – 140 KJ/m² mm/h érték több mint fele – 87 KJ/m² mm/h június hónap folyamán hatott a talajra.

12.3.2. A talajnedvesség mérése

A talajerózió szempontjából döntő fontosságú talajnedvesség alatt a 0–10 cm-es felső talajréteg nedvességtartalmát értjük. Értéke nagyban befolyásolja a talaj pillanatnyi erodálhatóságát. Egyrészt a nedves talajnak sokkal kisebb a felületet érő víz kinetikus energiájával szembeni ellenállása, ezáltal sokkal könnyebben esik alkotóelemeire, amiket a kialakuló elfolyás könnyen magával tud ragadni. Másrészt a nedves talaj pórustérfogatai többé-kevésbé telítve vannak vízzel, így a felületére érkező újabb csapadék elvezetése a mélyebb talajrétegek felé gátolt, sokkal lassabban és kisebb mértékben történik meg.

A talajnedvesség értékét a csapadékon kívül számtalan tényező befolyásolja. Általánosságban elmondható, hogy a talaj szempontjából az a kedvező, ha nedvessége hosszabb időszakon keresztül sem változik jelentős mértékben, ill. a változások dinamikája viszonylag lassú. Ez az ideális állapot szerkezetes, nagy mikrobiológiai aktivitású, állandó vegetációval borított talajt feltételez. Ilyen körülmények között a víznyelés intenzitása nagyobb, a közvetlenül a talajfelszínre érkező csapadék mennyisége kisebb és általában a talaj vízgazdálkodása sokkal egyenletesebb, kerül a szélsőségeket.

A talaj eróziós indexének meghatározásakor a szabvány szerint a területet növénymentesen kell tartani és folyamatos műveléssel fenntartani a magágy állapotot. A művelés hatására a talaj elveszti szerkezetét, vízgazdálkodása szélsőségesse válik. Ebben az esetben a feltalaj nedvességtartalmának

változásában sokkal nagyobb szerephez jutnak egyéb időjárási tényezők, mint a szél és a napsütés. Vizsgálataink során mindkét mérőparcella feltalajának nedvességtartalmát folyamatosan regisztráltuk.

A mérés elvét a talaj elektromos vezetőképessége, ill. ellenállása adja. Minél nagyobb a talaj nedvességtartalma, annál kisebb az ellenállása. A parcellák feltalajába gipszblokkokat helyeztünk el. Az effektív ellenállás-mérés a gipszblokkon belül történik. A mérések percenként ismétlődnek, így igen pontos képet kapunk a talaj pillanatnyi nedvességtartalmáról, ill. annak változásáról.

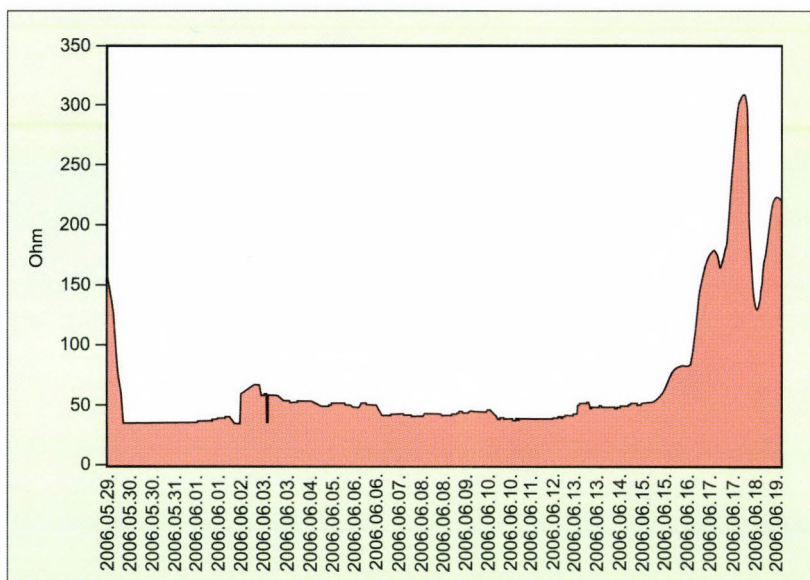
A 2006-os év tavaszában végzett mérések alapján elmondható, hogy a csapadékos tavasz a talaj kiszáradását nem tette lehetővé. A kora tavasszal hullott nagyobb záporok jellemzően a nem túl magas intenzitás miatt nem bontották meg a talaj felszínét, lefolyást okoztak, de talajelhordást nem regisztráltunk. A nagy talajvesztések időszakában, azaz június hónap folyamán a feltalaj nedvessége mindig magas volt, sőt az idő jelentős részében közel állt a telítettség állapotához (35. ábra). A jelentős talajvesztésben nagy szerepe van a magas talajnedvesség értéknek, amely az extrém nagyságú csapadék intenzitással együtt, egymás hatását erősítve tudott ilyen mértékű talajvesztést okozni.

2006 júliusában egy hosszabb időszakban (5-e és 23-a között) nem regisztráltunk csapadékot, a talajfelszínnek ekkor volt lehetősége a kiszáradásra (36. ábra). Jól látható, hogy a kiszáradás egyik parcella feltalajának esetében sem egy lineáris folyamat. Annak ellenére, hogy mérhető csapadék nem volt, a talaj napi rendszerességgel visszanedvesedik. Furcsa módon a gipszblokkok éjfélkor jelzik a talajnedvesség lokális minimumát és délben a maximumot. Ez pontosan ellentétes a talaj közvetlen felszínét érő hatásokkal.

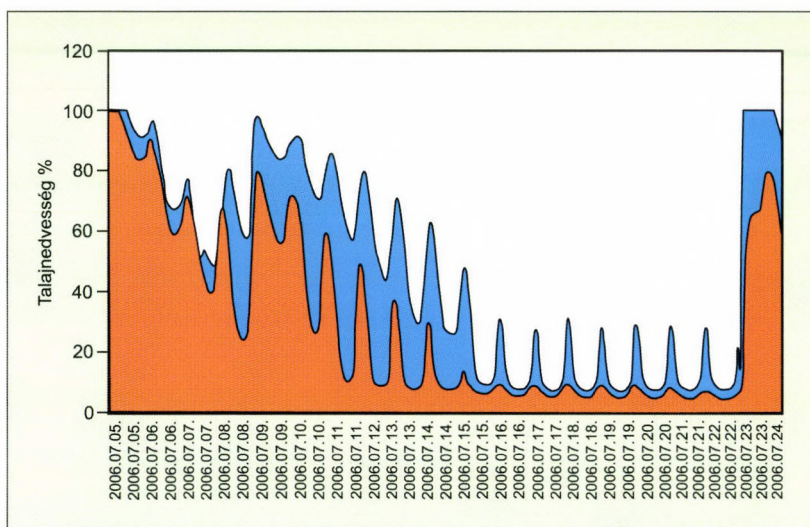
A magyarázat abban rejlik, hogy a szenzorok nem a talaj felszínén, hanem 5 cm mélységben találhatók. Ebben a mélységben – méréseink tanúsága szerint – a talajnedvesség dinamikája kb. 12 óra csúszásban van a talajfelszín nedvességtartalmának dinamikájával. E pulzálás ellenére a talaj folyamatosan száradt egészen a 23-án bekövetkezett újabb esőig. E rövid idő alatt lezajlott markáns változások a nyári, melegebb időszak sajátosságai, hűvösebb időben nem jellemzők. Figyelemre méltó a két parcella közti eltérés is, amely a szenzorok elhelyezéséből, ill. a mikroklimatikus viszonyok különbségéből adódik. Az eltérő konkrét értékek ellenére mindkét szenzor ugyanazt a dinamikát mutatja, egyes esetekben eltérő amplitúdóval.

12.3.3. Felszíni elfolyás

A felszíni elfolyás mennyisége – a csapadék mennyiségén és intenzitásán kívül – nagyban függ a feltalaj nedvességi állapotától. Az elfolyás mennyisége és az elhordott talaj aránya szintén igen tág értékek között mozog. Ez az



35. ábra. A feltalaj nedvességének változása a bátaapáti mérőkertben (2006. június eleje). Az y tengelyen mért ellenállás (Ohm) fordítottan arányos a talajnedvességgel



36. ábra. A feltalaj nedvességének változása a bátaapáti mérőkertben (2006. július). A talajnedvesség lokális maximumának (kék) és minimumának (barna) értékei

arány – azaz az elfolyó víz talajtartalma – megfigyeléseink szerint elsősorban a területről lefelé mozgó vízleplet érő eső kinetikus energiájától függ. Vagyis egységnyi lefolyó víz annál több talajt hord el, minél több és nagyobb esőcsepp éri el a felszínen lefelé mozgó vizet, mozgásban tartva ezzel a talajszemcséket a levonuló víz áramában (BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2008).

2006 első felében – ellentétben az eddigi években tapasztalt trenddel – nem csak a felszíni elfolyás volt mérhető, hanem a lefolyó víz jelentős mennyiségű talajt is magával ragadott. A parcellákat borító hótakaró olvadáskor nem vitt magával mérhető mennyiségű talajt. A tavasz végi csapadékosabb időszakban, több mint 2 mm/m² víz elfolyását regisztráltuk a parcellák területéről.

A júniusi felhőszakadások alkalmával szintén jelentős mennyiségű (több, mint 5 mm/m²) csapadék távozott a parcellák felületéről. Ez a vízmennyiség – a magas intenzitásnak köszönhetően – már olyan kinetikai energiával rendelkezett, hogy a mikrodomborzat által előre jelzett depressziókat összekötve barázdát vágott a parcellák felszínébe, jelentősen megnövelve ezzel az elhordott talaj mennyiségét.

12.3.4. Az erodálhatóság meghatározása

A mérések időszaka alatt csakúgy, mint az eddigi évek folyamán meglepően kevés olyan csapadékeseményt regisztráltunk, amely talajelhordást okozott.

A csapadékok által lehordott talaj mennyiségének mérése és regisztrálása az egyetlen olyan részfolyamat a méréstechnikában, amely emberi beavatkozást igényel. Ezért ez az év egészében, az időjárástól függetlenül mérhető. 2006-ban mindössze 8 esetben történt talajpusztulás, ám ezeknek értéke igen jelentős. A vizsgált időszakban a bátaapáti mérőkert területén csapadékok hatására bekövetkezett talajpusztulás értékeket az 16. táblázat mutatja be. A vizsgált két parcellán az eseti és az összesített talajveszteség értékek sem egyeznek meg teljesen. Bár a parcellák létesítésénél és a mérések metodikájában igyekeztünk mindent egységesíteni, ezen eltérések nem szüntethetők meg teljesen.

16. táblázat. Talajveszteségek 2006-ban a bátaapáti mérőkert területén

Hónap, nap	1. parcella, g/m ²	2. parcella, g/m ²
06. 10.	35	42
06. 14.	504	751
06. 18.	445	661
06. 30.	1323	1275
07. 01.	2	5
08. 02.	373	430
08. 14.	10	7
08. 27.	10	7

Mivel a talaj egy folyamatosan változó, élő rendszer, nem várható el, hogy mindkét parcella pontosan ugyanazokkal az adottságokkal és mérési körülményekkel rendelkezzen. Pontosabb, a területet jobban jellemző talajpusztulás értékek meghatározásához a parcellaméret növelése, vagy a parcellák számának emelése volna szükséges. Megítélésünk szerint a mérések során tapasztalt eltérések a talaj inhomogenitásából adódnak és tolerálhatóak. A közölt eredmények a két parcellán mért értékek számtani átlagolásával jöttek létre (16. táblázat).

Az eddigi évek tapasztalatai szerint a meghatározó talajvesztesség az év második felében, a nyár végi, őszi időszakban szokott jelentkezni. A 2006-os évben kivételesen e nagy talajpusztulást okozó csapadékok már júniusban jelentkeztek. Az év folyamán talajelhordást okozó 8 csapadékeseményből 4 ebben a hónapban következett be. Az első esemény kivételével mindhárom csapadék nagyon komoly talajpusztulást okozott. Az egyes események során elhordott talaj mennyisége egyenként is meghaladja egyes kedvezőbb évek éves talajpusztulás értékeit

Ebből a trióból is kiemelkedik a június 30-án regisztrált esemény, amelynek során mintegy 13 t/ha nettó talajvesztiséget mértünk. Ekkora mértékű, egy csapadékeseményhez köthető talajpusztulásra Bátaapáti környezetben a mérések kezdete óta nem volt példa. Annak ellenére, hogy a mérőparcellák nagyságukból adódóan elsősorban a felületi rétegerózió hatásait tudják mérni, ez az extrém csapadékesemény tekintélyes méretű barázdákat vágott mindkét parcella felszínébe (35. kép).



35. kép. Barázdák a parcellákon (2006. június 30.)

A talajpusztulásnak ez a nagyságrendje már egyértelműen a vonalas erózióhoz köthető. Figyelemre méltó, hogy milyen jelentős méretű barázda jött létre egy viszonylag csekély méretű vízgyűjtőterületen. E tény mindenképpen hangsúlyozza a vonalas erózió szerepét a térség talajpusztulásában.

Egyenletes lepusztulást feltételezve ez 1,3 mm talajréteg elvesztését jelentené a parcellák felületéről egyetlen csapadékesemény alatt. Megjegyzendő, hogy ez a talajmennyiség teljes egészében elhagyta a vizsgált területet, míg a csapadékesemény hatására jelentős áthalmazódás is bekövetkezett a parcellákon. Azaz a megmozdított, de a lejtőn újra lerakott hordalék mennyiség nincs benne a fenti értékekben.

Az éves szinten mért mintegy 30 t/ha talajpusztulás nagyon jelentős. Hosszú távon komoly befolyást gyakorol a felszín alakulására, amely messze meghaladja a talajképződés várható ütemét.

Az összesített eredmények alapján megállapítjuk, hogy a vizsgált területen a szabványban előírt feltételek mellett a lepelerózió által lehordott éves talajvesztés mértéke 30 t/ha/időszak. Ugyanezen idő alatt hullott, eróziót okozó csapadékok összesen a talaj erozivitása 140 KJ m² mm/h/időszak. A metodikai részben vázoltak szerint e két érték hányadosaként adódik a *K* tényező, amelynek értéke 0,2 t KJ mm/h/ha/m². Ez az érték nagyobb a vizsgálat kezdetekor a talaj fizikai paraméterei alapján empirikusan meghatározott értéknél és jóval meghaladja az eddig mért értékeket is.

Megállapítható tehát, hogy a talajelhordás tekintetében nem elsősorban az éves csapadékmennyiség a mérvadó sokkal inkább annak eloszlása és az egyes csapadékesemények paraméterei (SMITH, D.D.–WISCHMEIER, W.H. 1957). A 2006. év extrém mértékű csapadécai nagyon nagy erodálhatósági értéket jelentettek. Ehhez mérten a talajpusztulás is igen magas volt. Mivel mind a két érték magas, az arányukat tükröző erodálhatóságnak (*K*) nem kellene szükségszerűen változni. Mivel azonban a talajpusztulás valamivel nagyobb mértékben nőtt – az elmúlt évek értékeihez képest –, mint a csapadék erodáló hatásának növekedése, ez a *K* tényező emelkedését okozta.

A mérőssorozat eredményeként megállapítható, hogy a *K* talajerodálhatósági tényező értéke jelentős szórást mutat a vizsgált évek között. Ugyanez elmondható az erozivitás (*R* faktor) esetében is. Szembetűnő az is, hogy nincs egyértelmű összefüggés a két vizsgált érték ingadozása között. A valóságot minél inkább közelítő meghatározás érdekében indokolt a hosszú távú monitorozáson alapuló vizsgálat.

A 2006. évben csakúgy, mint a megelőző időszakban extrém felhőszakadásokhoz köthető a talajpusztulás zöme. Talajeróziós szempontból a klíma-érzékenységgel kapcsolatos lehetséges veszélyek közül elsősorban ezen extrém csapadékesemények visszatérési valószínűségének növekedése jelentene gondot. Az erózióbecslés kulcsa a területen ezen extrém csapadékesemények gyakoriságának és paramétereinek előrejelzése.

13. Talajeróziós modellezés a MEDRUSH modell alkalmazásával

Az eróziós mérőkert mérésein, valamint a mesterséges esőztetési kísérleteken túl az eróziós vizsgálatok harmadik pillérét az eróziós modellezés jelenti. Mivel Bátaapáti térségében több igen meredek lejtőn is folyik szántóföldi művelés, így a modellezés során egy, a kutatási területen található 950 m hosszú, 15%-os maximális meredekségű lejtőn modelleztük a talajpusztulás folyamatát. Az eróziós modellezéshez a terület 10 éves havi átlagaiból összeállított klímaálmányt használtunk. A fizikai talajparaméterekhez a genetikai talajtérképezésnél felállított adatbázist használtuk fel. A modellt 10 éves időtartamra futtattuk, a kimeneti adatok havi bontású átlagok. A talajvesztés modellezéséhez a MEDRUSH modellt használtuk fel (SZALAI, Z.–HUSZÁR, T.–KERTÉSZ, Á. 2000).

A MEDRUSH modellt az Európai Unió MEDALUS tudományos projektje keretében fejlesztette ki a londoni Kings College és a University of Leeds kutatógárdája az 1990-es években. A modell eredetileg mediterrán területek vízgyűjtőinek vizsgálata céljából készült, azon belül is elsősorban dombsági területekre. A modellt folyamatosan továbbfejlesztették, úgy, hogy közép-európai viszonyokra is alkalmazható legyen. A modell elsősorban a vízhálózat fejlődésének és az eróziós viszonyok változásának előrejelzését szolgálta vízgyűjtő méretekben. Jelenleg, ha korlátozott mértékben is, de kibővült talajhidrológiai és némi vegetációdinamikai előrejelzési képességgel is.

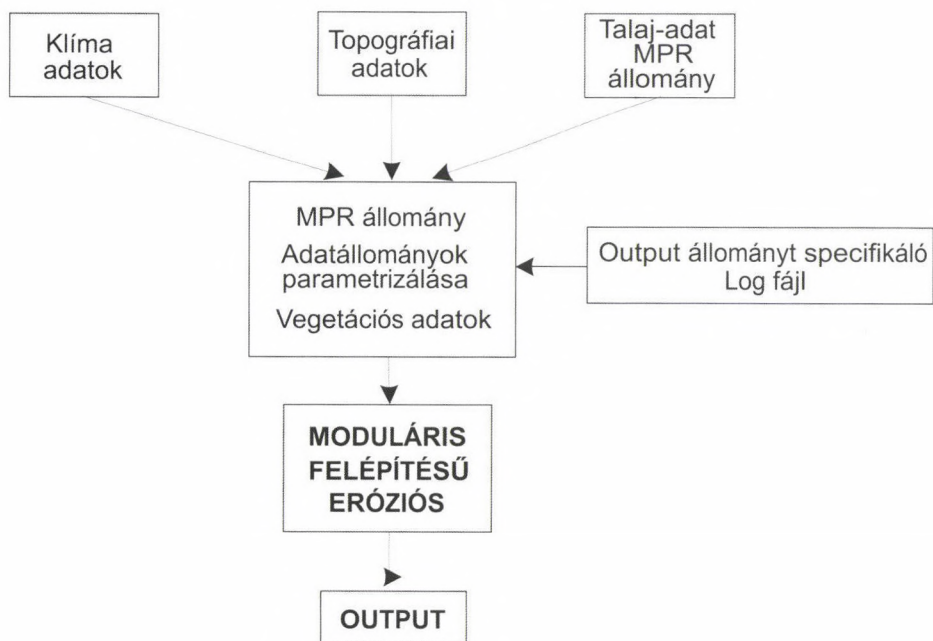
Jelenleg e modell vízgyűjtő, ill. catena-skálán is használható. Az előbbi kizárólag UNIX alapon futtatható GRASS térinformatikai rendszerbe integráltnak, amely a modell számára elkészíti a digitális térképes anyagot, ill. a modell lefutása után az eredményt is térképes formában jeleníti meg. A catena szintű futtatás esetén a Windows 9.x, ill. NT 4.0 alatt futtatható változat is használható. Ez esetben nincs sem térképi előkészítés, sem pedig térképen ábrázolt eredmények. Az egy adatsor esetében pedig az output értékek is értelemszerűen csak egy völgykeresztmetszeti catenára vonatkoznak.

A MEDRUSH modell egy objektum-orientált komplex rendszer (37. ábra). Az objektumok közé a következő rendszerek tartoznak:

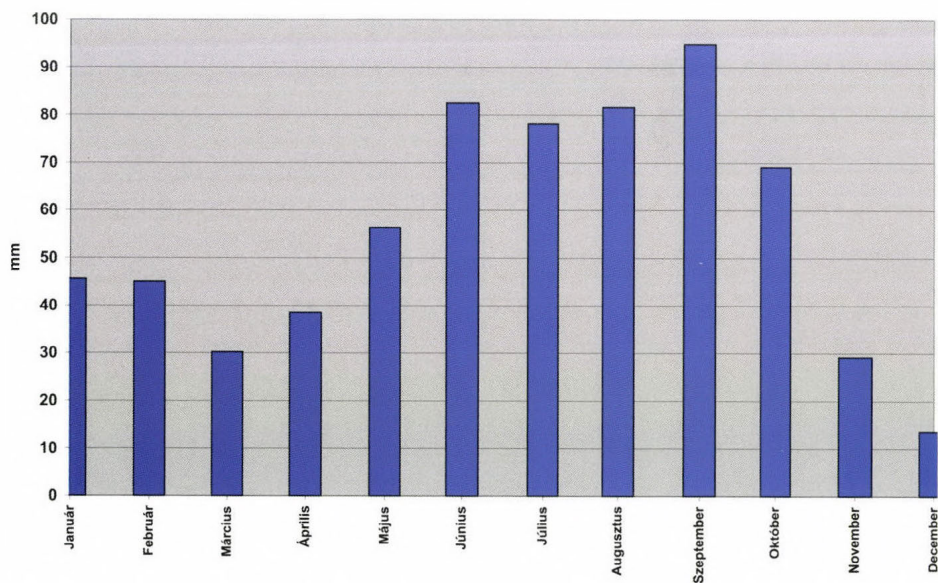
- óra,
- időjárási adatok,
- talajadatok,
- topográfiai adatok: vízgyűjtők, catenák, lejtőszakaszok,
- növényzeti egységek.

A modellezéshez használt klímaálmányban az éves csapadék mennyisége 665 mm/év. Az 1mm/nap csapadékintenzitást meghaladó napok száma 105. A modell időjárás-generátora a 38. ábrán ábrázolt éves csapadékeloszlást számította. A diagramból kiolvasható értékek tíz éves átlagok.

A talajpusztulás mennyiségét és minőségét a beszivárgás és az elfolyás egymáshoz való aránya jelentős mértékben befolyásolja. Szántóföldi terület-



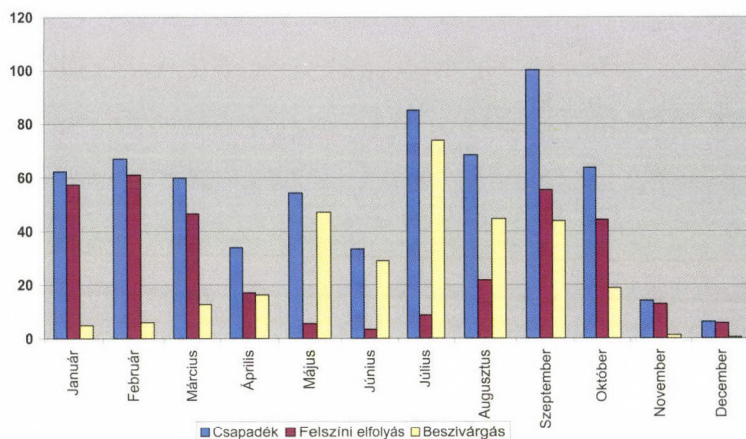
37. ábra. A MEDRUSH modell szerkezeti felépítése



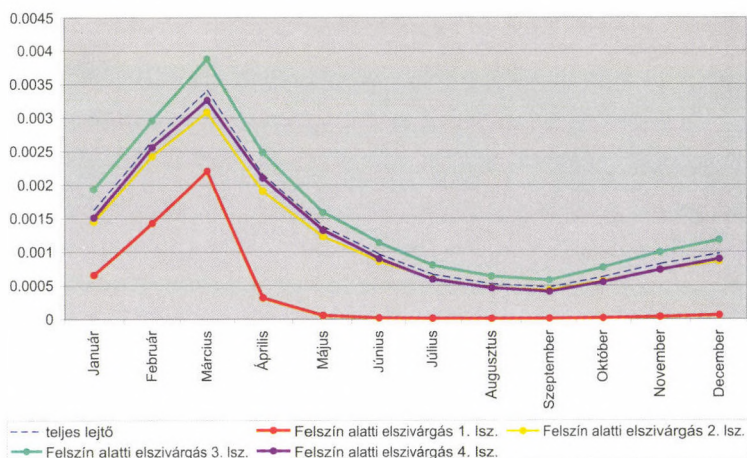
38. ábra. Modellezéshez felhasznált éves csapadékeloszlás (10 éves átlag)

használat esetén (39. ábra) a modell számításai szerint e két tényező egymással ellentétes irányban változik az év folyamán. A téli lefolyásmaximum a nyári hónapok idején minimumba fordul át, míg a beszivárgás esetén ez fordított. Az eredmények alapján egyértelmű, hogy a modell a beszivárgást a növényzeti borítás változása, nem pedig az esetleges talajművelés alapján számítja.

A vizsgálati területen, a modell számításai szerint, a beszivárgott víz jelentős része hosszabb-rövidebb ideig a talajban raktározódik, ill. az evapotranspiráció révén ismét a légkörbe kerül. A felszín alatt el-, ill. a mélybe szivárgó víz mennyisége minimális. Az elszivárgó víz mennyisége a lejtő mentén azonban nem egyenletes (40. ábra).



39. ábra. A csapadék, a felszíni elfolyás és a beszivárgás egymáshoz viszonyított aránya



40. ábra. A felszín alatt elszivárgó víz mennyiségének megoszlása a lejtőszakaszok között

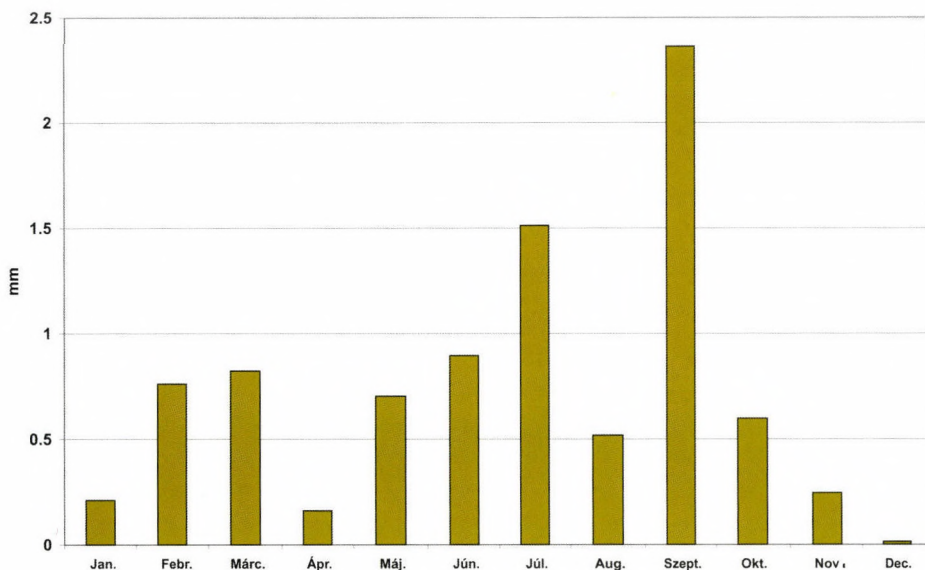
A MEDRUSH számításai szerint a legkisebb mértékű elszivárgás a tető helyzetű lejtőszakaszon van, ami nem is meglepő, hisz itt a hozzáfolyás mennyisége általában minimális, míg az evapotranspiráció és az elfolyás jóval magasabb. A mélybeszivárgás jelentős éves ingadozást is mutat.

A modell számításai alapján a felszín alatti elfolyás mértéke márciusban mutat maximumot, míg a magasabb csapadék ellenére a későnyári-korlatavaszi időszakban ez az érték a minimumon van.

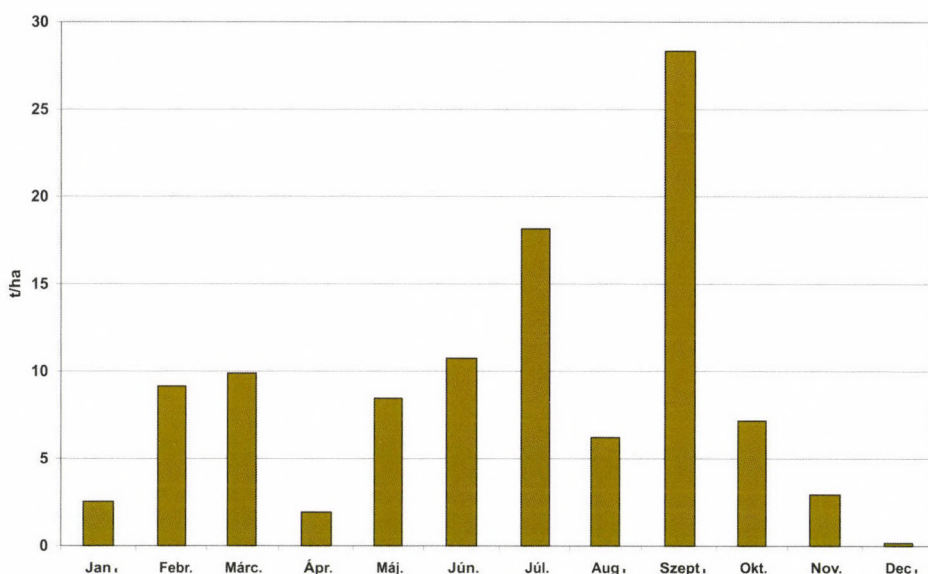
Szántóföldi területhasználat esetén a modell éves szinten közel 9 mm vastagságú talajréteg lepusztulását jelzi (41., 42. ábra). Ez az a mennyiség, ami a lejtő pusztuló részéről a helyi erózióbázis irányában mozog. Az éves érték kevesebb, mint 1 cm, ami viszont száz év alatt már 88 cm-nyi talaj elhordódását jelenti szántóföldi területhasználat esetén. Ez az érték a 2002-ben folytatott talajgenetikai térképezés során leírt szelvényeken tapasztaltakkal összhangban van, azaz a modell további talajpusztulási modellkísérletek végzésére alkalmas.

A lejtőn megmozduló anyag éves mennyiségben kifejezve is igen magas, mivel a közel 9 mm/évet elérő talajlepusztulás – a helyben mért $1,2 \text{ g/cm}^3$ térfogattömeggel számolva – 105 t/ha/év talajpusztulást jelent, ami messze a tolerálható talajvesztés felett van.

A talajpusztulás mértéke a többi paraméterhez hasonlóan szintén jelentős ingadozást mutat. A modell szerint a talajpusztulás szempontjából legintenzívebb időszak az aratást követő hónap (őszi búza – július) és a szept.



41. ábra. A mintalejtőről lepusztult talaj vastagsága szántóföldi területhasználatnál, mm-ben



42. ábra. A mintalejtőről lepusztult talaj mennyisége szántóföldi területhasználtnál, t/ha-ban

tember. A másik, bár jóval kisebb másodlagos maximum pedig a hóolvadás idejére tehető. Bár az éves talajpusztulási érték és a talajpusztulási maximumok időbeli megjelölése reális, a talajpusztulás tényleges éves eloszlása még ellenőrzésre szorul.

Összegzőként megállapítható, hogy a vizsgált terület jelentős része ki van téve a gyorsított talajerózióknak, ami a természetes növénytakarónak antropogén beavatkozások hatásra történt megváltoztatását, letarolását jelenti. Az eróziós folyamatok a szakszerűtlen műszaki beavatkozások, a talajművelés és általában a helytelen talajhasználat következtében esetenként rendkívüli mértékben felgyorsulhatnak. Ezt a folyamatot ma is jól meg lehet figyelni pl. a szakszerűtlenül a hegy-völgy irányában végzett szántás és más, elhibázott, vagy a helyi adottságoknak nem megfelelő agrotechnikai műveletek következményeként

A felületi talajerózió vizsgálatát célzó kutatások napjainkban módszertani szempontból három fő pilléren nyugszanak. Az erózió vizsgálatát *in situ* módon eróziós mérőkert(ek) üzemeltetésével végezhetjük. Az MTA FKI e téren szerzett tapasztalatai arra utalnak, hogy az eróziós mérőkertek alkalmazása ugyan megkerülhetetlen, de az általa szolgáltatott adathalmazból (statisztikai értelemben alapsokaság) hosszú távú üzemeltetés után lehet alapos következtetéseket levonni.

Mivel az igen nagy intenzitású csapadékeseményekre olykor több tíz esztendő is várni kellene (Bacsó N. 1964), így ezek hatásának vizsgálatát az eróziós kutatások másik módszertani pillére, a mesterséges esőztetések útján vizsgáltuk. E két méréssorozat eredményei teszik lehetővé a talajpusztulás modellezését. A modellezés révén akár közép és hosszú távú becslés is kísérletet tehetünk.

A talajpusztulás másik fő folyamata a vonalas erózió. Ennek módszertana napjainkban még sokkal kevésbé kidolgozott, mint a felületi erózióé. Vizsgálati területünkön e jelenség jelen klimatikus és területhasználati viszonyok között talán a legfontosabb felszínalakító folyamat.

Bátaapáti térségében a fentiekben vázolt összes módszertani lehetőséggel éltünk. E módszerek eredményeit röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. Több mint négy éven át üzemeltettük a 2002-ben kiépített talajeróziós mérőkertet. A mérőkert által szolgáltatott adatbázis többször is hasznosítható: egyrészt bővíti az alapadatbázist, ami révén a helyi talajok erodálhatóságát tudjuk pontosabban meghatározni; másrészt lehetőséget teremt a talajeróziós modellek kalibrálására.

2. Esőztetési kísérleteket végeztünk magágy állapotú szántón (ill. ezt szimuláló parcellán) és galagonya-kökény-cserjés állapotú területen. A kísérlet során öt különféle csekély gyakoriságú csapadékeseményt, ill. ezek hatását vizsgáltuk. Ezek az eredmények szintén alapul szolgálhatnak a modellezéshez, másrészt számszerűsített információt kaptunk az ilyen típusú csapadékesemények felszínalakító szerepéről. Az esőszimulátorral végzett erodibilitási vizsgálatok eredményeit – véleményünk szerint – jól jellemzi a hordalékszállítási adatokból számolt matematikai átlag. *A fedetlen lejtőhordalék talajon mért hordalékszállítási átlag 13 g/liter, ugyan ez az érték gyepvel fedett barna erdőtalajon 4,2 g/liter*

3. Elvégeztük a terület értékelését a vonalas erózió felszínalakító tevékenysége szempontjából. A vízgyűjtő legjellemzőbb és legnagyobb kártételű vízmosásait a földutakhoz kapcsolódóan találtuk meg. A magasabb térszínekre vezető utak szinte kivétel nélkül mélyen belevágódtak a löszbe, utat biztosítva a lefolyó víznek is. A löszmélyutak vonalas erózió általi kialakulásával magas, függőleges löszfalak alakulhatnak. Nedvesség hatására e falak stabilitása romlik, megnő a csúszásveszély.

4. A rendelkezésre álló adatok alapján megkezdjük a terület eróziós modellezését. Próbaként egy reprezentatív, 730 m hosszú, 50 m széles lejtőt modelleztünk, amelyen a legnagyobb szintkülönbség 147 m, a maximális lejtőmeredekség pedig 20%. A lejtőn talajfizikai paraméterek alapján három talajtípus található. A modellezés eredménye jó egyezést mutatott mind a műszeres mérések során nyert eredményekkel, mind pedig a korábbi talajgenetikai térképezés során feltárt szelvényekből nyert információkkal. Ez alapján úgy véljük, hogy a továbbiakban mindenképp érdemes volna egy kiterjedt modellezési vizsgálatot elvégezni a vizsgálati területen.

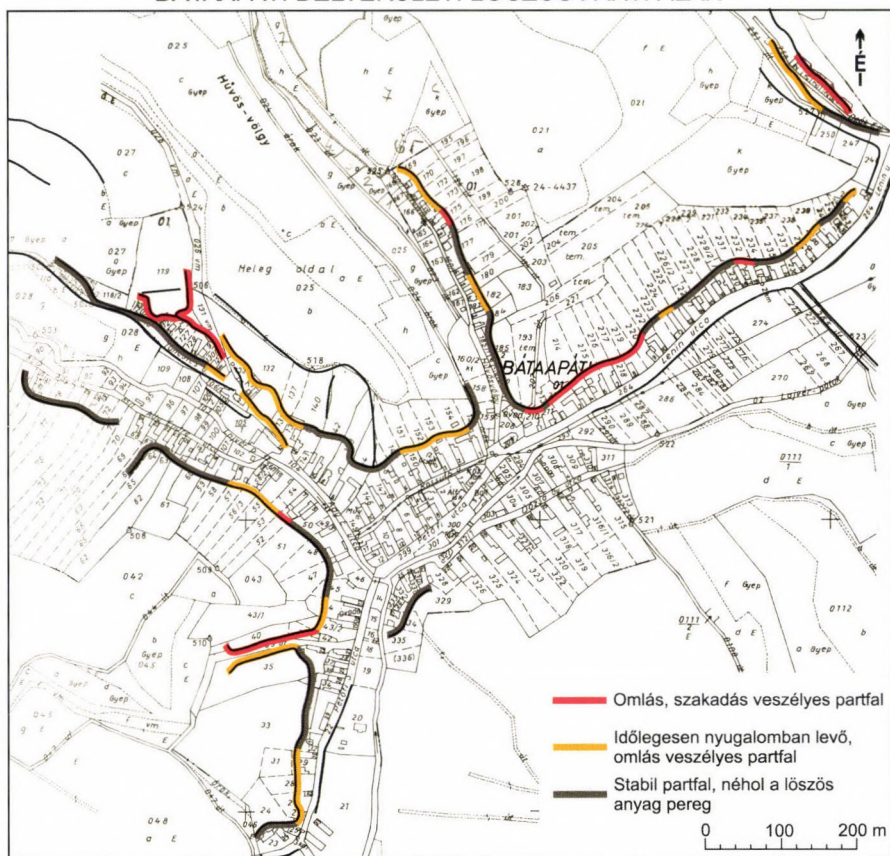
14. Bábaapáti magaspárti területeinek tömegmozgásai és a partvédelem műszaki megoldásainak lehetőségei

A Nagymórággyi-völgy mellett Bábaapáti területének sajátos felszíni képződményei a magaspártok, amelyek geomorfológiai fejlődése elsősorban omlásos, rogyásos, csuszamlásos, tömegmozgásos folyamatok révén történik.

A felmért területre jellemző tömegmozgásos folyamatok és formák területi rendszerét a földtani-litológiai felépítés mellett a relief energia viszonyok és nem utolsósorban a hidrogeológiai adottságok is jelentős mértékben meghatározzák. A pleisztocén végétől a mai napig tartó, változó intenzitású partfejlődési folyamatok időben eltérő korú tömegmozgásos formagenerációkat hoztak létre. Az MTA FKI-ban végrehajtott kutatási program keretében elkészült a község belterületén található partfalak kataszteri felmérése és térképezése (ÁDÁM L.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1976) (43. ábra).

43. ábra

BÁBAAPÁTI BELTERÜLETI LÖSZÖS PARTFALAK



A magasparton több helyen a peremi sávban íves lefutású hosszanti repedések kötegei figyelhetők meg, amik újabb szakadási karéjak kialakulását jelzik. Itt a húzó- és nyírófeszültségek hatására omlásos és rogyásos folyamatok indulnak meg. Bármilyen természeti (csapadék) vagy antropogén hatás (binnen a több tonnás teherautók által okozott rezgések) kiválthatja, ill. felgyorsíthatja a mozgásfolyamatokat és az a feszültségek hatására szakadási karéj mentén leomolhat. Emiatt a löszből és lösszerű üledékekből felépült magaspárt labilis egyensúlyi helyzete a peremi repedések és a szakadásfrontok mellett térben és időben állandóan változik (36. kép).

A löszösszletben *löszkutak* és kisebb *löszbarlangok* is megfigyelhetők. Ez rendkívül veszélyes jelenség, mert a löszösszlet üregesedett, emiatt teher alatt, ill. rázkódások, mozgások hatására omlások, rogyások alakulhatnak ki. Fontos feladat lenne tehát a kutatások során a *pincék állapotfelmérését* elvégezni (vagyis meggyőződni arról, hogy a község pincéinek falazata repedezett-e, beomlott-e, gyökérzettel átjárt-e, kavernásodott-e stb.) (37–39. kép).



36. kép. Rogyásos mozgások következtében leszakadt löszösszlet a Tánácsics M. u. 17. (hrsz. 113) alatt. Az atektonikus repedések szélessége 5–15 cm, magassága 2,5 cm. A fal anyaga mészkonkréciós, mészből gazdag, idős lösz, erősen repedezett, növényzettel benőve.

A fal aljában PD típusú vörös, fosszilis talaj látható, a fal magassága a ház mögött 5 m.



37. kép. Gránitba mélyült pince a Petőfi u. végén (külterület). A felette települt öreg lösz anyagú magasparti fal stabil

Átlagot meghaladó csapadékmennyiség hatására, vagy az időlegesen nyugalomban lévő lejtő mesterséges megbontásával hatalmas kőzettömegek mobilizációja következhet be. A természetes lejtőfejlődés és az antropogén hatások mellett a csuszamlásveszélyes lejtőket vagy az ideiglenesen nyugalomban lévő lejtőket a részvízgyűjtőkből származó felszíni vizek elégtelen elvezetése, vagy a közművek hiánya, a vízmosásos és árkos erózió fellépése, a talajvíz és annak magaspart irányú áramlása, összességében hidrogeológiai adottságai is veszélyeztetik.

A folyamatok kiváltódását elősegítik a *fagymozgások*, *fagyrepedések*, *talajfagy* mélysége, befolyásolja a csapadékok mennyisége és intenzitása, a lösz-komplexum közetfizikai tulajdonságai, továbbá szilárdságát meghatározó CaCO_3 tartalom.

Az antropogén hatásra képződött mai partfalak a löszvidékek földművelési módjának és évszázados agrotechnikájának következményei. Az egyirányú művelési technika, a lejtő irányú talajmozgatás (szőlőkultúra) átformálta a völgyek természetes lejtőit. A lejtők homorú, felső szakaszán a birtok- és művelésághatárok (erdő-szőlő-szántó) mentén partfalak formálódtak, sőt pincék építése céljából tudatosan is kialakították őket. A kitelepítéseket követően a magas partokat elhanyagolták, a pincék beomlottak, ill. berogytak és a löszfelszínen szuffózió alakult ki. A szűk völgyekben a házak szorosan a löszfalak mellé épültek.



38. kép. Egy beomlott, használaton kívüli pince (Deák Ferenc u.)



39. kép. Egy időlegesen nyugalomban lévő partfalba mélyített, jelenleg is használt pince (Deák Ferenc u.)

A magaspartok formálódásának dinamikus eseményei és a klímaváltozások kapcsolata szoros összefüggést mutatnak az omlások, csuszamlások kialakulásában. A csapadék mennyisége, tér- és időbeli eloszlása a domborzat állapotváltozásának fő tényezői és okai, felgyorsítja, vagy lassíthatja a tömegmozgásos folyamatokat, főként azokat a magaspart-szakaszokat, amelyeket a rezgések kiváltanak. Különösen érvényes ez a gránit murvára települt laza üledékből épült pleisztocén rétegsorú magaspartok esetében.

A magaspartok dinamikus fejlődéséről a feltárásokból kimutatható csúszópályák és a kibillent fosszilis talaj- és löszsorozatok alapján kaphatunk hozzávetőleges képet. A tömegmozgásos aktivitás és a csapadék időbeli eloszlásának párhuzamba állítása, a bizonyítható korrelációk felsorakoztatása mellett arra is fel kell hívni a figyelmet, hogy egyéb helyi tényezők módosító hatásai következtében a szárazabb periódusokban is bekövetkeznek katasztrofális nagyságrendű partomlások és csuszamlások.

14.1. Magaspartvédelmi módszer kiválasztása

A talajerősítési lehetőségek közötti választás, mérlegelés (olykor vita) tárgyat képezheti a tervezés időszakában, ezért röviden összefoglaljuk azokat a szempontokat, amelyek befolyásolhatják a végső döntést.

Sok esetben egy hagyományos támfal és egy erősített földszerkezet közötti összehasonlításra van szükség, vagy a gyakorlatban már ismert és bevált épített magaspart-védelem vizsgálatára is lehetőség van. Ilyenekre került sor már számos hazai magaspart esetében a Duna mentén (pl. Paks, Dunaföldvár stb.).

Napjainkban a stabilitási elvárások mellett az építés tervezés során fontos követelményeket támaszt a környezet- és tájvédelem is. Ez a földszerkezetek számára nem hátrány, hiszen a természetes növényzettel is beborítható földfelületek látványa vetekedhet a legjobban sikerült vasbeton szerkezetekével. A műszaki beavatkozások a partvédelemben számos megoldást kínálnak a legegyszerűbb dombvidéki területi vízrendezéstől a legösszetettebb támfalrendszerekig (KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001; SCHEUER, GY.–SCHWEITZER, F. 1979).

A bátaapáti magaspart-védelem érdekében a következő műszaki megoldások javasolhatók:

- dombvidéki vízrendezés a magaspart irányába összegyülekező csapadékvizek elvezetése céljából,
- meredek, omlásveszélyes partszakaszok lépcsőzése,
- a magaspart felszínének erősítése növényzettel,
- a magaspart falának védelme betételemes talajerősítéssel,
- súlytámfalak (kő és vasbetontámfalak) építése földtömegek megtámasztására,
- a magaspart védelem összetett módszerei.

14.1.1. Dombvidéki vízrendezés a magaspart irányába összegyülekező csapadékvizek elvezetése céljából

A löszrétegek terhelése során a mészhártyákban és a cementáló kötéseken finom hajszálrepedések képződnek, a stabilitás azonban megmarad a szegletvizek okozta kohézió révén. Ha azonban a megterhelt lösz vízzel telítődik, ez a hatás megszűnik, s a löszszerkezet összeroskad, szétrombolódik és megkezdődnek a tömegmozgásos folyamatok.

A kedvezőtlen folyamat megelőzésére a partfalat már a település létrejöttkor az övárkokkal védte a lakosság. Ez a védelmi rendszer a kitelepítések után fokozatosan eltűnt, karbantartás hiányában az árkok feltöltődtek.

Természetesen a hajdani külterületen jellemző dombvidéki vízrendezési rendszer a mai igényeknek már nem felelne meg, ezért a magasparti szakaszok feletti területekre, olyan meliorációs tervet kell készíteni, amely a partfal irányába lefutó káros felszíni csapadékvizeket *burkolt övárkok rendszerbe* összegyűjti és a befogadóba biztonságosan elvezeti. Az Ady E. u 21-ben (hrsz. 61. alatti terület) a vízgyűjtőről lefutó vizek a magasparti szakaszt átalakították (40. kép).



40. kép. A fal anyaga szürkés-sárga lösz, az aljában vörös, idős fosszilis talajjal, a fal teteje lejtőssé simult, árkos, barázdás erózióval veszélyeztetett a háttér vízgyűjtőjéből lefutó csapadékvizek miatt

14.1.2. Meredek, omlásveszélyes partszakaszok lépcsőzése

A löszterületek hagyományos partvédelmi megoldása a meredek *lőszfalak lépcsőzése*. A függőleges lőszfalak külső káros hatások hiányában nagy magasságig állékonyak, de csak akkor, ha nincs talajvíz és nem léphet fel erózió. A löszben rézsúsen kiemelt lépcsők, bevágások viszont a növényzet nélkül gyorsan erodálódnak, mély eróziós csatornák, roskadások lépnek fel. Emiatt az ilyen rézsűket csaknem függőleges határolással célszerű kialakítani.

A fenti megoldás önmagában nem akadályozza meg egyes kisebb földtömegek leszakadását, ezért a földtámfal lábánál padkát kell hagynunk. A lépcsőket a lehetőségek szerint szélesre tervezzük, ne építsük magasra. Bataapáti közösségi házának partfala is hasonlóan van kialakítva (41. kép), valamint a Tancsics M. u. felső szakaszán 2006-ban lépcsőzték a partfalat (42. kép).

14.1.3. A magaspart felszínének erősítése növényzettel

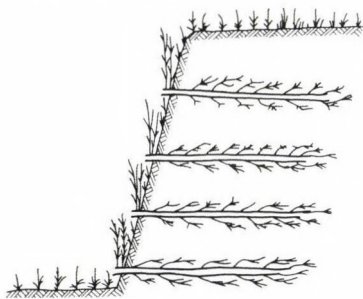
A meredek terepfelszín sok természetes példája azt bizonyítja, hogy a növénytakaró jelentős mértékben hozzájárulhat az állékonyasághoz. A fűfélék, cserjék és fák gyökérzete átszövi a talaj legfelső rétegét, amely sok esetben nem képez mezőgazdasági értelemben értékes termőföldet, csupán valamely alapkőzet málladéka és csak építőmérnöki értelemben vett talaj. A gyökerek elemi szálak, számottevő húzószilárdságuk van, és általában véletlenszerű elrendeződésben erősítik a 0,1–0,4 m vastagságú földréteget.

Nyírószilárdságra vonatkozó adatokról nincs tudomásunk, de a gyakorlati megfigyelések szerint a nyírószilárdság talajra vonatkozó alapértékét több nagyságrenddel növelheti a gyökérzet. Ha az olvasó ácsott már tarackos kerti földet, személyes tapasztalata is lehet erről.

A gyökerekkel átszőtt földréteg a földművek felületén súlytámfalként vehető figyelembe, és ily módon meredekebb rézsűk is kialakíthatók. Már a környezetvédelemre orientált kutatások korai szakaszában megállapították azt is, hogy egyes növények lejtős terepen sajátosan anizotrop gyökérzet-

tel fejlődnek (44. ábra). Kiderült hogy néhány növényfaj – pl. a füziike (*Epilobium angustifolium*) – gyökerei a lejtéssel ellentétes irányban hosszúra nőnek, így függesztő hatást tudnak kifejteni.

Meredek rézsűben a földmunka végzésekor (vagy esetleg utólag) 2–2,5 m



44. ábra. Meredek partfalat erősítő, rétegesen elhelyezett növényzet



41. kép. A helyi közösségi ház (Petőfi u. 19., hrsz. 44) hátsó udvarán 1 éve kialakított, 15–20 m magas partoldal húzódik, amelynek alja támfallal védett. Az alsó szakasz lépcsőzött, a felső része omladozott, időlegesen nyugalomban van, a felső szakasz repedezett, a repedések távolsága 1–2 m. Az újonnan bevágott, kialakított falrész stabil, pince nincs benne. A fal aljában vörösbarna fosszilis talajhorizont látható. Az ingatlan és a fal között épített kézilabdapálya felett a magasparti rész időlegesen nyugalomban van.



42. kép. 2006-ban kialakított, lépcsőzött gránitmurvára települt löszös magaspart a Táncsics Mihály u. végén épített új ház mögött

hosszú, 15–20 mm átmérőjű fűzhajtásokat helyeznek el. A fűz (*Salix*) nagyon sok fajtája alkalmas erre a célra: a betemetett hajtásokon mellékgyökérzet fejlődik ki, amely néhány hónap alatt eléri a 0,1–0,2 m-es hosszúságot.

Mérnökgeomorfológiai megfontolások alapján a talajadottságok széles tartományában tervezhető kedvező növénytakaró. Ilyenkor figyelembe kell venni pl. a talaj ásványi összetételét, pH-értékét. A töltésanyagként hagyományosan kedvezőtlennek tekintett iszapos agyagtalajok esetén a természetes rézsűhajlást növényi erősítéssel jelentősen növelni lehet. Az alapterületben elért megtakarítás a földmű magasságának felelhet meg.

14.1.4. A magaspart falának védelme betételemes talajerősítéssel

A földtömegek erőjátékát kedvezőbbé tehető idegen anyagok behelyezésével. A betétanyag erősítés legáltalánosabb módja a betétanyag réteges, leplel, hálós jellegű elhelyezése, ami részben a sík alakváltozási állapottal leírható viselkedésű szerkezetek gyakoriságával magyarázható. Az erősítés gyakorlati megvalósítása kivitelezés-technológiai szempontból egyszerű.

Geometriai alakját tekintve „réteges” betétnek tekinthető a függőleges alkotójú középfelülettel kialakított fal és falrendszer is. E szerkezeti változat esetén a betét és a talajkörnyezet kölcsönhatásában csökken a saját tömeg, nő a nyugalmi oldalnyomás szerepe. Az erősített földszerkezetek éppen e változatai keltették fel a földszerkezetek iránti széles körű érdeklődést.

A betétek lehetnek végül hosszmeretükhöz viszonyítva kicsiny keresztmetszetűek, azaz huzalok, rudak, hálók, textiliák, geotextiliák. Ilyen jellegű erősítés pl. a talajszégezés és a gyökércölöpös erősítés néhány változata. Ezeket a megoldásokat elsősorban ott célszerű alkalmazni, ahol a helyszíni földanyag egészének megmozgatása nélkül kell megerősíteni a földtömeget.

A partfalak és rézsűk stabilizálására használt geotextiliák funkciójukat tekintve használhatók partfalak és töltések mechanikai erősítésére, ill. alkalmazhatók az eróziós folyamatok ellenében is. Anyagminőségüket tekintve lehetnek szintetikusak és organikusak. Anyagminőségükön túl fizikai szerkezetükben is rendkívüli változatosságot mutatnak. Általánosan elterjedt gyakorlat mindkét anyagtípus esetében, hogy a környezetben lebomlanak, feladatukat csak a növényzet megerősödéséig kell betölteniük. A geotextiliák optimális anyagának és szerkezetének a kiválasztásához tisztában kell lenni a telepítés helyszínének talajtani és morfológiai adottságaival. Az anyag és szerkezet ismerete, valamint a helyi adottságok nem kellő alaposágú ismerete hiányában ezen anyagok képtelenek betölteni stabilizáló szerepüket.

Bátaapáti térségében (más partfalvédelmi eszközökkel kombinálva), anyagminőségükben és szerkezetükben eltérő geotextiliák egyaránt alkalmazhatók a településen belül található partfalak, valamint a Nagymórágyi-völgy

igen meredek mesterséges rézsűinek erózió elleni védelmében. Az előbbi környezettípusban elsősorban a beszivárgást gátló, a második esetben pedig a növényzet megtelepedését elősegítendő, a talajhidrológiai paraméterek kiegyensúlyozását szolgáló anyag kiválasztásával érdemes foglalkozni. A megfelelő anyagválasztás segítése érdekében már széleskörű nemzetközi tapasztaltok állnak rendelkezésre.

14.1.5. Súlytámfalak (kő- és vasbetontámfalak) építése földtömegek megtámasztására

Amennyiben a magaspart védelmében valamely okból (pl. ha az közműveket hordoz) arra van szükség, hogy egy földtestet meredekebben alakítsunk ki, mint ahogy a belső ellenállásai alapján szabad rézsűben megállna, akkor a földet meg kell támasztanunk. Ezt a falat *támfalnak* nevezzük. A támfalakat ott kell alkalmazni, ahol a rézsű a megtámasztását elvesztve, lesuvadna: a földtömeg megtámasztott állapotában tehát nyomást fog átadni a megtámasztó elemnek. Ezt a nyomást *földnyomásnak* nevezzük. A földnyomásnak nagyon sok fajtája fordul elő a mérnöki gyakorlatban, ezért nagyon körültekintően kell vizsgálni a falmozgások és a földnyomás összefüggéseit.

A földtömegek megtámasztásának egyik leggyakoribb módja az ún. *súlytámfalak* alkalmazása. Ennek méretei úgy állapíthatók meg, hogy a földnyomás vektora a fal súlyával összetéve olyan eredőt adjon, amely a fal alapsíkját alapon belül metszi, s az alapon, valamint az altalajban káros feszültségeket nem okoz. A megtámasztást tehát egyedül a fal önsúlya biztosítja. Anyaguk lehet beton, vagy a helyi lehetőségek szerint kő. A Bataapátiban a Deák F. utcában is ezt a módszert alkalmazták 2006-ban az alacsony partfal megtámasztására (43. kép). A vasbetonból készült lemezfal saját súlyán kívül vízszintes talplemez segítségével a megtámasztott földtömeg egy részét is felhasználja a stabilitás biztosítására, így a falméreteket kisebbek.

14.1.6. A magaspart-védelem összetett módszerei

A magaspartok, talajszerkezetek, az erősített földtömegek kialakítására alkalmas módszerek eddig bemutatott csoportjai megkönnyítik az áttekintést, de nem ölelik fel az összes lehetőséget. Számtalan olyan gyakorlati megoldás példázza a mérnöki ötletességet, amely vegyes változatnak tekinthető: módosítja a fázisarányokat, és emellett idegen anyagok bevitelével lokális szilárdságnövekedést is eredményez.

Végző soron valamennyi eljárás a nyírószilárdság növelését célozza, de a szerkezeti adottságok, a talajviszonyok, a gazdaságossági megfontolások



43. kép. A Deák Ferenc u. alsó szakaszát 2006-ban kőtámfallal támasztották meg

tág határok között teszik lehetővé az eljárás kiválasztását. Vegyes módszernek tekinthetjük ezért pl. a puha agyagtalajok víztelenítésére alkalmas, függőleges helyzetű, bordás műanyag szalagok talajba juttatásával végzett eljárást. A homok- és kavicsölöpök is felfoghatók talajerősítő szerkezetként.

Az egyik leghatékonyabb partvédelem a támfalak, a lépcsőzés és a növényzettel kombinált magasparti falak kialakítása. A dunai magaspárt több településén, elsősorban beépített területeken alkalmazták ezt a megoldást. Itt a pincesorokkal bemélyített löszfalak aljában a házak mögött közvetlen 2–3 m magas vasbetontámfalakkal támasztották meg a rézsűs kialakítású lépcsőrendszert, amelynek földfelszínét növényzettel, vagy geotextiliákkal fedtek be a löszrétegek szemszerkezeti, földtani-litológiai sajátosságainak megfelelően. (A 44. és 45. kép a dunakömlődi magasparti építések 2003. évi munkáit szemlélteti.) A magasparti szakaszok stabilizációs műszaki tervezési munkái előtt fel kell mérni és térképezni a partfalba mélyült földpincék pontos helyét és állapotát.

14.2. Javaslat a magaspartfalak minősítésére

A tároló építésével, üzemeltetésével kapcsolatos munkák hatással vannak magaspartokra, löszfalakra. A szállítás következtében fellépő rezonancia olykor beindíthatja a már időlegesen nyugalomban lévő csuszamlásos lejtőket is (ezeket a 7. pontban jelezzük).



44. kép. Összetett műszaki megoldásokkal épített partvédelmi rendszer kivitelezési munkái Dunakömlődön 2003-ban



45. kép. Összetett műszaki megoldásokkal épített partvédelmi rendszer vasbeton támfallal (Dunakömlőd, 2003)

Fontos a partfalak távolsága az építési területtől, a szállítási útvonalaktól, a partszakasz állapota, geomorfológiai helyzete, amely különböző mérnök-geomorfológiai minősítésre ad lehetőséget.

A magaspartokra általában gazdag formakincs, változatos felépítés, eltérő mozgásforma jellemző. Ugyanakkor számos közös vonás is megállapítható, ami típusba sorolásuk alapjául szolgál. Korábbi tipizálásokat is részben felhasználva az alábbi kutatási szempontokat javasoljuk a védeni kívánt partszakasz műszaki építési munkái előtt:

1. Geológiai–rétegtani felépítés és adottságok

1.1. pliocén üledékekből álló magaspartok, gránit, gránitmurva, vörösagyagos fedőüledékkel

1.2. pleisztocén löszből és löszszerű üledékekből álló magaspartok, atektonikus törésekkel átszőve

1.3. plio–pleisztocén üledékekből álló magaspartok

1.4. tektonikus törésekkel zavart magaspartok, gránit, gránitmurva és löszből álló összletek

2. Hidrogeológiai adottságok

2.1. felszíni forrásoktól mentes partok

2.2. egyszerű talajvízforrásos vagy vonal menti vízszivárgásos magaspart

2.3. duzzasztott talajvízforrásos magaspart

2.4. rétegforrásos magaspart

2.5. magaspart rétegvíz- és talajvízforrásokkal

3. Geomorfológiai adottságok

3.1. alacsony magaspart (0–5 m) (a patak szint felett)

3.2. közepes magaspart (5–15 m)

3.3. magaspart (> 15 m)

4. A patak eróziója és a magaspart geomorfológiai állapota

4.1. épülő partszakasz

4.2. pusztuló partszakasz

4.3. időlegesen nyugalomban lévő egyensúlyi partszakasz

4.4. védett partszakasz (partvédő művekkel)

5. Antropogén (emberi) hatások

5.1. természetes állapotú magaspartok

5.2. beépített magaspartok

5.3. rendezett magaspartok

5.4. részben rendezett magaspartok

5.5. rendezetlen magaspartok (szemét- és hulladéktelepek)

6. Állékonyság

6.1. állékony magaspart

- 6.2. labilis és megcsúszott magaspart
- 6.3. szezonális mozgásban lévő magaspart

7. Felszínmozgások formák

a) Stabilizálódott formák

- 7.1. stabilizálódott csuszamlások szakadásfrontjai
- 7.2. stabilizálódott csuszamlások halmazai
- 7.3. stabilizálódott csuszamlásos és suvadásos lejtők

b) Labilis formák

- 7.4. csuszamlások halmazai
- 7.5. időlegesen nyugalomban lévő lejtők
- 7.6. csuszamlásveszélyes lejtők
- 7.7. partomlások
- 7.8. szuffóziós rogyások
- 7.9. talaj-, sár-, iszapfolyás
- 7.10. felületi erózióval veszélyeztetett lejtők
- 7.11. barázdás-, árkos erózióval veszélyeztetett lejtők
- 7.12. eróziós árkok

8. Magasparti mozgások veszélyessége a gazdálkodásra és az építményekre

- 8.1. közömbös (károkat nem okoz)
- 8.2. kissé veszélyes (mezőgazdasági területeket érint)
- 8.3. veszélyes (lakóépületeket, vonalas létesítményeket érint)

15. Nehézfém feldúsulás vizsgálata a Nagymórággyi-völgyben

Az MTA FKI 2003. évi kutatási programjában fontos részfeladatként szerepelt a Nagymórággyi-völgyben, és annak mellékvölgyeiben (Hutai-patak völgye, Szabadszántók-völgy, Hilda-völgy) található patakmedrek iszapmintáinak vizsgálata. Az „Anyák kútja” forrással egy vonalban gyűjtött mintában az arzén koncentrációja meghaladta a 120 mg/kg-ot. Az innen eredő patak mentén lejjebb haladva e toxikus hatású félfém koncentrációja a területre jellemző geokémiai háttér szintjére csökkent.

Kutatásainkban e fém felhalmozódásának körülményeire és eredetének felderítésére összpontosítottunk. Mivel az arzén erősen toxikus hatású, nem esszenciális nyomelem, így annak a helyi viszonyok közötti oldékonyságát is vizsgáltuk. Az arzén mellett a bárium is a helyben szokásosnál magasabb koncentrációban volt jelen, így munkánkban erre az elemre is fokozott figyelmet fordítottunk. Időközben a Nagymórággyi-völgyben megkezdődtek a vízrendezési munkák, így a 2004. év első felében begyűjtött üledékeket azóta kikutorták és a Hilda-völgyben deponálták. Ennek köszönhetően lehetőség adódott az akkumuláció sebességének mérésére is.

15.1. A patakmeder környezetének általános jellemzése

A mintavételi pontjainkat a Hutai-patak völgyében és annak két, D-ről becsatlakozó mellékágában jelöltük ki (45. ábra). A vízgyűjtő kivezető pontjában helyezkedik el a P2 pont. A patakmeder talpa eléri az üde kőzetet, azaz az év legalább egy időszakában az eróziós folyamatok itt olyan erősek, hogy az anyagfelhalmozódás csak időleges.

A patak mentén fölfelé haladva a P1 pont közvetlenül a Szabadszántók-völgy becsatlakozása fölött van. Itt a bukónak köszönhetően a P2 ponthoz képest jelentős üledék felhalmozódás figyelhető meg. Az eróziós viszonyok egyébként a P2 ponthoz lennének hasonlatosak. A legfelső pont a P7. Ez már a Hutai-patak legfelső szakaszát jellemzi. Az üledékei is jellemzően gránitmurvából és homokból állnak, csak a kanyarulatok védett zugaiban halmozódhat fel némi szerves anyag és finomabb frakciójú üledék (SZALAI Z. et al. 2004a,b, 2005).

A Szabadszántók-völgyben a P6-os pont a P1 közelében, a bukó fölött található, míg a P5-ös ettől mintegy 600 m-rel D-ebbre helyezkedik el. Az itteni patak vízhozama alacsonyabb, így az eróziós munkavégző képessége is minimális. A nyári hónapokban a patak kicsiny tócsák sorozatára oszlik, így a kémiai paraméterei (pH, Eh, oldott oxigén) a Hutai-patakétól lényegesen különböznek.

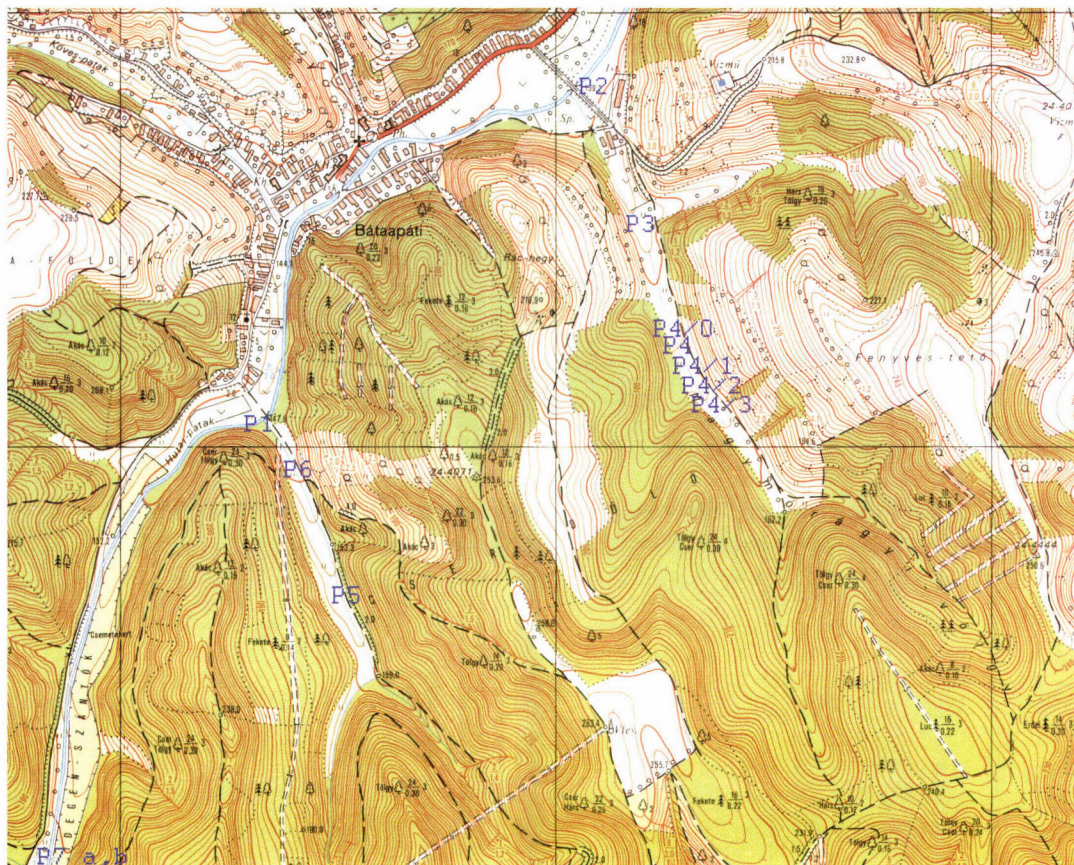
2004 előtt a Nagymórági-völgyben, a Hilda-völgynél kijelölt P3 pontot követte a P4-es pontsorozat. A P4/0 pontot a forrástól és az eredeti P4 ponttól némileg É-abra jelöltük ki. Környezeti viszonyai látszólag a P4 ponttal megegyező.

A P4 pont az apró, felhagyott gránitmurva bányaudvartól 50 m-rel É-ra van. A pontot mindkét oldalról mocsárrét vette körül. A mederben egész évben vízborítás volt. A P4/1-P4/5 pontok ettől D-re, folyásirányban fölfelé 100 m-rel kezdődnek és a bal oldali oldálvölgy betorkollásáig tartanak.

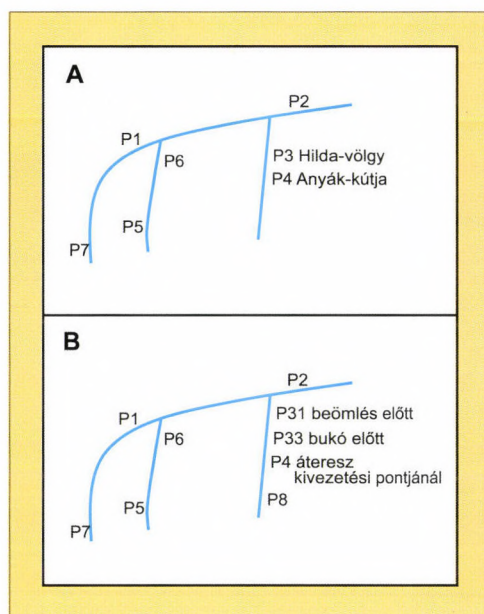
A 2004. évi mederrendezés és a völgy feltöltése után a legalsó pontot (P31) a torkolat előtt tűztük ki. E felett a bukó mögött (P33), az átfolyó kifolyónyílása (P4) és a felszíni telephely felett (P8) jelöltünk ki pontokat (46. ábra).

Az allúviumok ásványos és fizikai minősége hasonló, ami megmutatkozik az iszapok kémhatásában is, bár a Nagymórági-völgyben az iszap- és a vízminták kémhatása közelebb van a semlegeshez, míg a Szabadszántók-völgy esetében már határozottan bázikus viszonyokról beszélhetünk. Ebben minden bizonnyal szerepe van annak is, hogy a Nagymórági-völgy allúviumában a kvarc aránya mintegy 7 százalékponttal magasabb, mint a Szabadszántók-völgyben.

A felszíni és felszínalatti vizek redox-viszonyai azonban alapvetően eltérnek. Míg a Szabadszántók-völgy esetében még a legmagasabb (30 °C körüli) hőmérsékleteknél is +140 mV fölött van az Eh és ez a hőmérséklet csökkenésével +250 mV fölé is emelkedik, addig a Nagymórági-völgyben a víz Eh-ja negatív.



45. ábra. A meder-mintavételi pontok hálózata a vizsgálati területen 2003-ban



46. ábra. A meder-mintavételi pontok helyzetének vázlata. – A = 2003–2004; B = 2005–2006

hatással van a kémhatásra is, de a két völgy közötti különbségek nem magyarázhatóak csupán a hőmérsékleti különbségekkel.

Amint azt a MÁFI szakemberei is leírták (HORVÁTH, J. et al. 2004), az As beoldódása 10 mV alatt válik intenzívvé. Így ez a folyamat a Nagymórággyi-völgy esetében intenzív, a Szabadszántó-völgynél azonban jelentéktelen, mivel az év egy részében a tavacskák sorozatára bomlott, patakot övező mocsár-rét vízellátottsága is csekélyebb volt, mint a P4 -es ponté.

A hőmérsékleti különbözőségnek hatása van a kémhatás és a redox-viszonyok alakítására. A júliusban mért redox- és pH-értékek mind az iszapok, mind a vizek esetében alacsonyabbak, mint októberben (17. táblázat). Bár a szakirodalmi adatok és az év során végzett mérések szerint is a hőmérséklet elsősorban a redox-viszonyokat befolyásolja, és

17. táblázat. A Nagymórággyi-völgy és a Szabadszántók-völgy mederiszapjának pH és Eh viszonyai

Mutató	Nagymórággyi-völgy (P4) 2004. július	Nagymórággyi-völgy (P4) 2004. október	Nagymórággyi-völgy (P4) 2005. október	Nagymórággyi-völgy (P4) 2006. október
T _{víz}	15,2 °C	9,1 °C	13.9	12.0
T _{iszap}	15,5 °C	9,3 °C	14.2	12.1
pH _{víz}	7,31	7,48	6.8	10.04
pH _{iszap}	7,15	7,3	6.9	10.11
Eh	-19 mV	-13 mV	195	264
Mutató	Szabadszántók-völgy (P5) 2004. július	Szabadszántók-völgy (P5) 2004. október	Szabadszántók-völgy (P5) 2005. október	Szabadszántók-völgy (P5) 2006. október
T _{víz}	14,6 °C	8 °C	13.2	8.4
T _{iszap}	14,6 °C	8,1 °C	13.5	8.6
pH _{víz}	7,73	7,83	8.16	8.56
pH _{iszap}	7,71	7,76	8.18	8.41
Eh	247 mV	281 mV	234	276

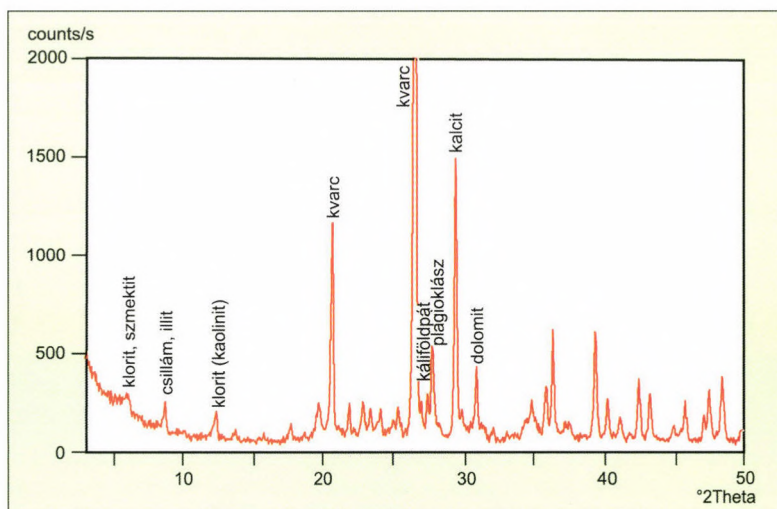
15.2. A patakmedrekből nyert üledékminták ásványtani sajátosságai

Nagymórágnyi-völgy P4/3

Barna agyagos iszap, finomhomokkal és nagy molluscahéjakkal, sok növényi maradvánnyal, főként gyökerekkel. Mállékony fekete opak és vöröses vasas szemcsék, kvarc és nagyon apró csillámlemezkek figyelhetők meg benne. Nem fedezhető azonban fel a mintában a BA 4/03 mintára jellemző vasas képződmény. Fehér, kissé átlátszó mészszericsék, amelyek sósavval megcseppentve pezsegnek. Elvétele egy-egy mágneses szemcse is előfordul a mintában.

Az üledék felét kvarc alkotja, de jelentős mennyiségben fordulnak elő a mintában karbonátok is, közülük döntően a kalcit (15%), kisebb mennyiségben dolomit (3%). 10% a plagioklász földpát és 2% a kálföldpát aránya. A kőzetalkotó szilikátok közül nyomokban amfibol is előfordulhat a mintában, de jelenléte nem bizonyítható. A rétegszilikátok, agyagásványok ötödreszt teszik ki a mintának. Ezek közül mintegy 8% a csillám–szericit–illit-félék aránya, és majdnem közel ennyi a klorit mennyisége is. Kevesebb, mint 5% a szmektit részaránya, kaolinit pedig az alkalmazott módszerekkel biztosan nem is mutatható ki a mintából, bár jelenléte lehetséges. Nem bizonyítható, de nyomokban sejthető a goethit megjelenése a mintában, elsősorban mint a mikroszkóppal látható vasas szemcsék anyaga (47. ábra).

Kémiai összetételét tekintve a 17 ppm körüli arzéntartalom említhető meg, mint magasabb érték, bár ez tizede-huszada az arzénben legdúsabb mintáknak. A mért koncentrációban a nyomelemek minden további nélkül megkötődhetnek az agyagásványokon, a szerves anyagon vagy a vasfázisokon.



47. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórágnyi-völgy, P4/3

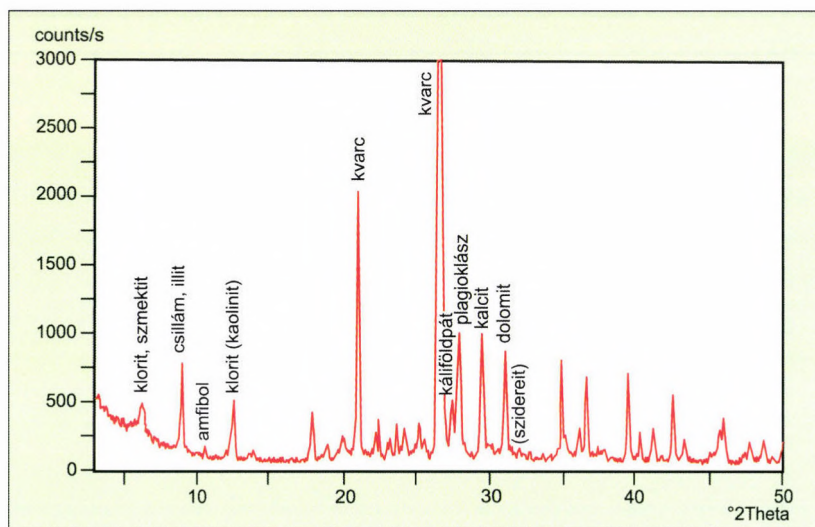
Nagymórágyi-völgy P4/2

Szemcsés szerkezetű barna, világos barna, agyagos iszap, kevés finomhomokkal. Apró, fehér csillámlemezkek, fekete opak szemcsék és növényi maradványok, valamint piszkosfehér, áttetsző, sósavval reagáló karbonátszemcsék ismerhetők fel benne. Helyenként halvány vöröses foltok színezik.

A meder mentén kicsit lejjebb található mintának az előzőnél némileg kisebb a kvarc-tartalma (kb. 45%) és nagyobb az agyagásvány-tartalma (25–30%). Kisebb, de továbbra sem elhanyagolható a karbonátok mennyisége, azzal a lényegi különbséggel, hogy itt majdnem azonos mennyiségben van jelen a mintában a két karbonátásvány, a kalcit (6%) és a dolomit (5%). A földpátok aránya az előző mintához hasonló: 8% plagioklász földpát, 2% kálföldpát. Az amfibol 1% alatti arányú mennyiségben mutatható ki a mintából. A 2,80 Å csúcs kis mennyiségű sziderit jelenlétét sugallja.

Az agyagásványok közül arányukat tekintve legjelentősebbek a csillámok (kb. 15%), de a 10% arányú klorit is több, mint az előző mintában. Emellett 3–5% szmektit képviseli még az agyagásványokat. E mintában nem mutatható ki vasásvány, de valószínűsíthető kevés amorf, félig amorf vasfázis jelenléte, ahogy erre a vöröses foltok is utalnak (48. ábra).

A feljebből származó P4/3 mintához képest csökkenő arzéntartalom és megnövekedett agyagásvány mennyiség arra enged következtetni, hogy az arzén nem az agyagásványokhoz kötődik, hanem inkább a vasásványokhoz. Ezt támasztja alá az arzénnel együtt csökkenő vastartalom is.



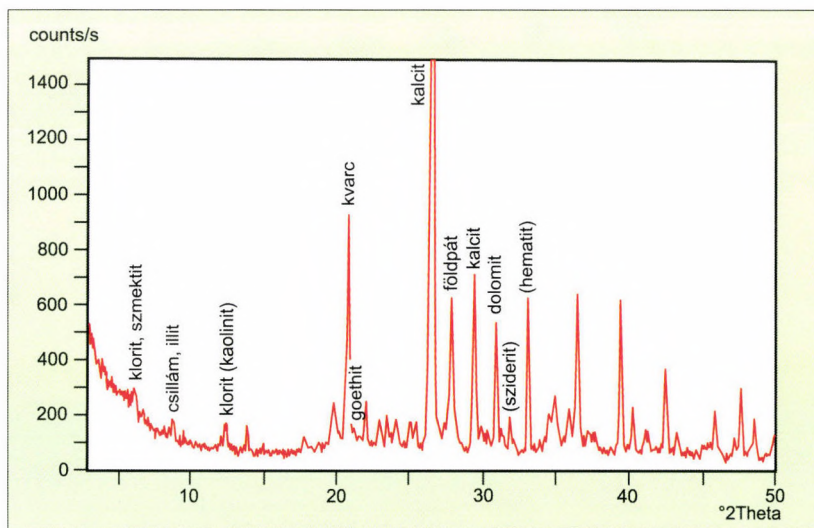
48. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórágyi-völgy, P4/2

Nagymórányi-völgy P4/1

Szemcsés szerkezetű, barna, vörösesbarna (finomhomokos), agyagos iszap, több mm³-es vörös, vasas foltokkal. Nagyszámban fordul elő a mintában 0,5–1 mm méretű vörös, vasas, könnyen morzsolható szemcse. A vasas szemcsék gyakran társulnak fekete növényi maradványokkal. Nagyon apró csillámlemezkek láthatók az anyagban. Bár igencsak elenyésző mennyiségben, de mágneses szemcse is előfordul a mintában. Az üledék híg sósavval megcseppentve pezseg.

A minta ásványainak 55%-át a kvarc adja. Viszonylag magas a karbonátok aránya is a mintában: 8% kalcit és 5% dolomit. A 12% plagioklászfeldpát mellett csak nyomokban mutatható ki káliföldpát. Az agyagásványok, rétegszilikátok mindössze 15%-ban vannak jelen, közülük is legnagyobb mennyiségben a klorit (7%), valamivel kisebb a csillámok aránya (5%) és csak néhány %-ban fordul elő szmektit. Az agyagásványok degradáltabb állapotúnak tűnnek mint az előző mintában. Kevés kaolinit jelenléte nem kizárt, de nem is bizonyítható. Kristályos vasásványok is megjelennek a mintában: ezek a néhány %-ban jelen lévő hematit, az 1% körüli sziderit (vaskarbonát) és a nyomokban jelen lévő goethit (49. ábra).

Viszonylag magas a minta vastartalma (a vizsgált minták közül a harmadik a sorban) és a Nagymórányi-völgy felső részét képviselő BA 13, 12 és 11 minták közül ebben a legnagyobb az arzén, a mangán, a bárium és a kobalt koncentrációja is. Mindez – összevetve az ásványos összetétellel – arra utal, hogy az előbbi nyomelemek elsősorban a vasoxidokhoz, vashidroxidokhoz kötődnek.



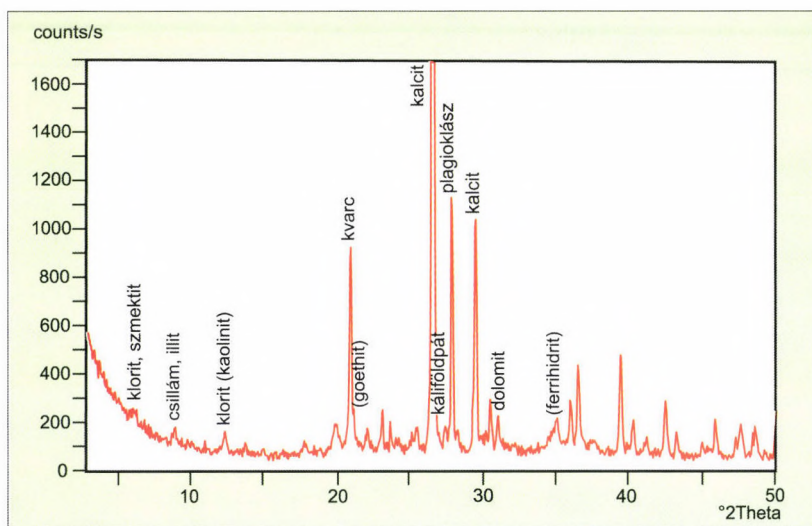
49. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórányi-völgy, P4/1

Bátaapáti P4 (2003)

Összeálló, de könnyen törhető vörös, vörösbarna, finomhomokos, agyagos iszap. Sok vörös szemcse és növényi maradvány (szár) figyelhető meg benne. A növényi maradványokat gyakran vörös, vasas anyag járja át, vonja be. Ez a képződménynek gyenge minőségű gypvasérc jelleget kölcsönöz. Az üregek falát vékony, fénylő, vöröses-barnás fekete limonitkéreg vonja be. A vöröses mellett helyenként szürkés foltok, részek is előfordulnak. Fehér kagylóhéjak és töredékek is megfigyelhetők a mintában. Mágneses szemcsék is megjelennek. Sósavval megcseppentve kissé pezseg. A minta karcának színe barna.

A minta uralkodó kristályos fázisa a 60%-ban jelen lévő kvarc. A karbonátokat 8% kalcit, 5% dolomit és esetleg nyomokban jelen lévő sziderit képviseli. Közel 20% a földpátok aránya (kb. 18% plagioklász, 2% káliföldpát). Az agyagásványok aránya mindössze 10%. Közülük legtöbb a klorit (kb. 5%), 3–4% csillám-illit-féle és 1–2% szmektit. A vasásványok közül nem teljes mértékben bizonyíthatóan, de valószínű a goethit jelenléte, mint a limonitkéreg alkotórésze. A 2,50 Å körüli széles csúcs ferrihidritre utal (50. ábra).

Amorf – félig amorf vasfázis a minta nagy vastartalmának megfelelően nagyobb mennyiségben lehet a mintában, de ebben az ásványtársulásban az alkalmazott vizsgálati módszerekkel nem mutatható ki, mennyisége nem határozható meg. A mintának kimagasló a vas-, mangán- és arzéntartalma, továbbá a többi mintához képest jelentős a bárium- és kobalt-koncentráció is. A nyomelemek legfőképpen a vasfázisokhoz kötődnek.



50. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Bátaapáti, P4 (2003)

Nagymórányi-völgy P4 (2004)

Nagyon kevés minta az előző minta felszínéről. Tulajdonképpen növényi (levél, szár, mag stb.) és állati (kagylóhéj, rovar?) maradványok bevonva, összeragasztva vöröses-narancsos barna finomszemű vasas anyaggal, kevés finomhomok szemcsével. Az anyag karcszíne barnás. 0,5–1 cm²-es területen rendkívül apró, szabad szemmel nem, csak mikroszkóppal látható néhány század mm-es saját alakú, fenn-nőtt, sárgás-fehéres áttetsző léces megjelenésű kristályok halma látszik.

A minta anyaga uralkodóan ferrihidritnek adódott, kevés kvarc- és kalcitszenyezéssel. A két nagyon széles csúcs a diffraktogramon 2,50 Å és 1,50 Å környéki maximummal a ferrihidrit jellemzője.

A ferrihidrit ($\text{Fe}_5\text{HO}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) egy gyengén kristályosodott, rövidtávon rendezett vasoxid, amely a körülményektől és a fejlettségétől függően a rendezettség különböző fokán állhat. Általában nagyon apró, 2–5 nanométeres gömbökből álló agglomerátumot alkot.

A ferrihidrit fiatal vasoxid felhalmozódások széles körben elterjedt és jellegzetes komponense. Színe vörösebb, mint a goethit, de kevésbé vörös, mint a hematit, általában narancsos barna. Megtalálható vastartalmú vizek okkerszerű kicsapódásában, a természetben pedig nagyon gyakori gyeptérceken, glejes talajokban, podzolokban. Gyakran kísérheti lepidokrokit (FeOOH). A 6,20 Å és 3,25 Å körüli csúcs ebben a mintában is lepidokrokitról árulkodik (51. ábra).

A vizsgált minták közül ez a ferrihidrites tartalmazza a legtöbb vasat, mangánt, báriumot és arzént, továbbá kobaltot. Az arzén és a kobalt egyértelműen a ferrihidrithez köthető, ugyanis ez a fázis nagy mennyiségben képes akkumulálni ezeket a nyomelemeket, pl. gyeptérceken.

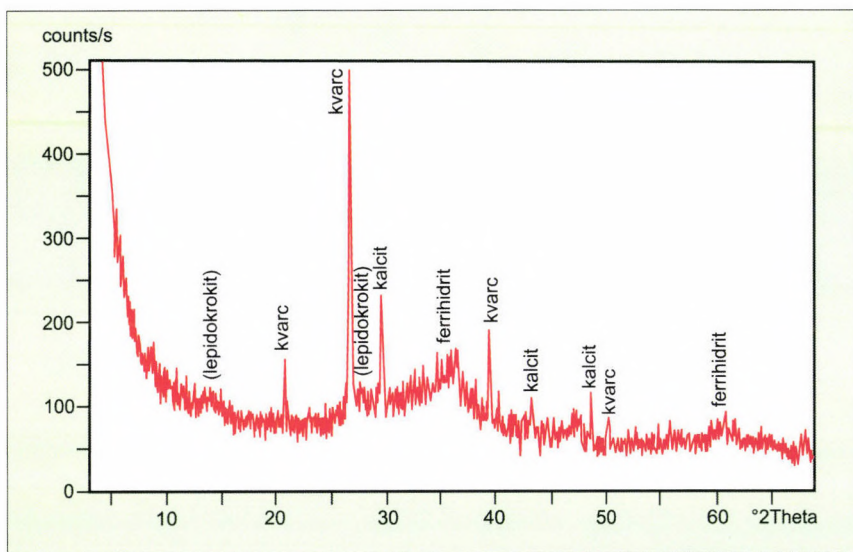
Nagymórányi-völgy P4 (BA 172)

Szemcsés szerkezetű, vörösbarna (finomhomokos agyagos) iszap. Nagyon apró csillámlemezek, feketés opak szemcsék és vörös szemcsék láthatók benne. A nagyon kicsi, fehéres karbonátszemcsék sósav hatására pezsegnek. Növényi maradványok és molluscahéjak is vannak a mintában.

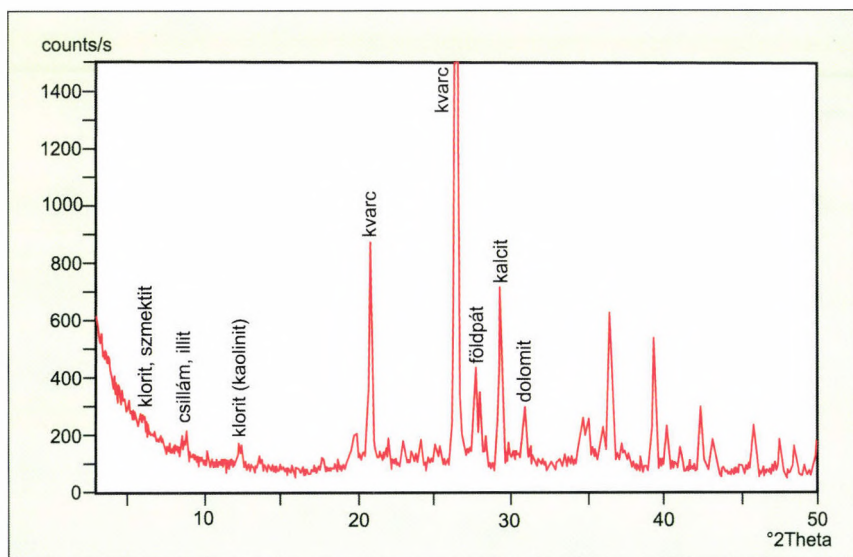
A minta uralkodó ásványa a kvarc, közel 70%-os arányával. Mellette 10% kalcit, 3% dolomit és 7% plagioklász jelenik meg. Alárendelt az agyagásványok mennyisége, 5–6% csillámfélével, ill. ugyanannyi klorittal, nyomokban szmekttel.

Vasfázis nem látható a felvételen, a minta jelentős vastartalma azonban arra utal, hogy amorf, rosszul rendezett vasfázis, pl. az előző mintában egyértelműen kimutatott ferrihidrit nagyobb mennyiségben van a mintában (52. ábra).

Ez a második legnagyobb vas-, mangán- és arzéntartalmú minta. Az arzén és a többi nyomelem elsősorban a ferrihidrithez kapcsolódnak.



51. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórágyi-völgy, P4 (2004)



52. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórágyi-völgy, P4 (BA 172)

Bátaapáti P4/5 (BA 174)

Szemcsés szerkezetű, barna, agyagos (finomhomokos) iszap. Fehér csillámlemezek, nagyon apró feketés opak szemcsék, sósavban pezsgő piszkosfehér, vöröses, vasas bevonatú mészszerkezetű és növények származékai láthatók benne. A 60% kvarc mellett karbonát-ásványok alkotják a minta ötödét, 15% kalcittal és 5% dolomittal. Az eddigi mintákhoz képest elmarad a földpátok aránya, mindössze 5% körüli plagioklász mutatható ki. Viszonylag kicsi a minta agyagásványtartalma: 8% klorit és kicsit kevesebb (kb. 7%) csillám-illit mellett 1–2% szmektit fordulhat elő. A minta esetében nem tapasztalható különösebb geokémiai, nyomelem-geokémiai anomália (53. ábra).

Nagymórógyi-völgy P3

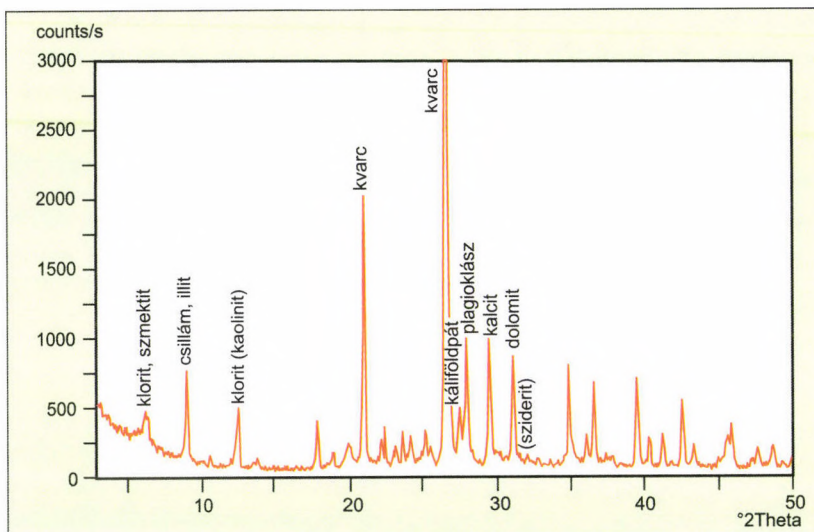
Barnásszürke és vörösesbarna foltoktól tarka (agyagos, finomhomokos) iszap. Apró fehér és aranylós csillámlemezek, valamint nagyon kis méretű fekete átlátszatlan szemcsék figyelhetők meg benne. Vörösesbarna, fénylő, vasas, limonitszerű képződmény, vékony, 0,1 mm-es vastagságú kérgeseket alkot, vagy csőszerű üregek falát (talán egykori növényi maradványok körül) vonja be. Ez a vasas kéreg nem mágneses, azonban a minta anyagából kézi mágnessel egy-két mágneses szemcsé kiszeparálható. Molluscahéjak is előfordulnak a mintában, nem ritkán vasas bevonattal a felszínükön. A minta sósavval megcseppentve enyhén pezseg.

Az előbbi mintához hasonlóan 60%-ban van jelen a kvarc, viszont csak fele annyi a kalcit mennyisége (8%), ugyanannyi (5%) dolomit mellett. A 10% plagioklász-földpát mellett megjelenik 4% káliföldpát is. Igen kis részét alkotják a mintának az agyagásványok: a mindössze körülbelül 5–5% csillám-illit, ill. klorit mellett nagyon kevés szmektit fordul elő. Vasfázisok megjelenése teljes bizonyossággal nem mondható, de a legerősebb röntgenvonalak megjelenése alapján erősen gyanítható a goethit, a sziderit és talán a hematit jelenléte (54. ábra). E fázisokhoz kötődhetnek nagyobb mennyiségben fémionok.

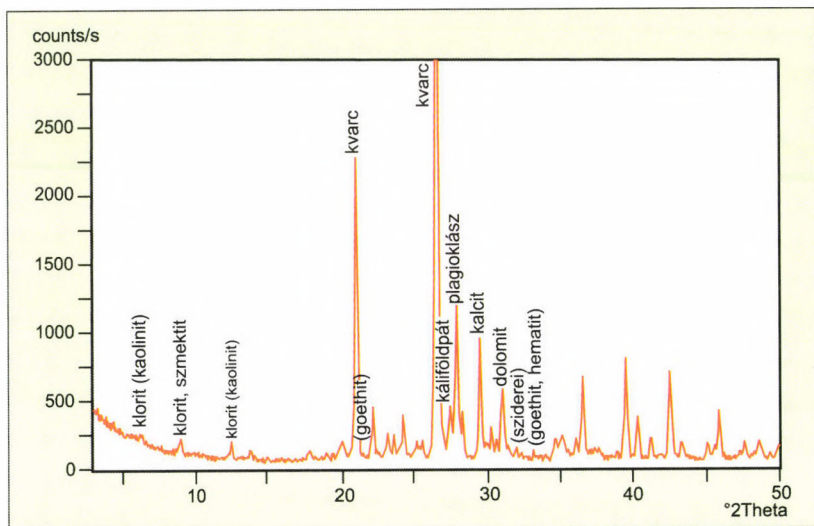
Hutai-patak P7/1

Szürkés, tarka, durvaszemű, éretlen homok, helyesebben a nagy földpáttartalma miatt arkóza. Az uralkodó szemcseméret 1–2 mm. Színtelen, átlátszó kvarc-, rózsaszínű káliföldpát-, fehér plagioklásszemcsék, valamint barna, fekete biotitlemezek alkotják. Nagyon alárendelt a finomabb szemű hordalékanyag aránya. Nem pezseg.

Az üledék anyagának majdnem 90%-át kvarc és földpátok alkotják. 42% a kvarc, 26% a plagioklász és 18% a káliföldpát hozzájárulása. A fennmaradó részt 5% körüli csillám-illit, 2–3% szmektit, 2% kaolinit és/vagy klorit, valamint 2–3% amfibol és kalcit adja. Nincs kizárva a mintában az apatit jelenléte. A mintában előforduló ásványos alkotók túlnyomó többsége rendkívül csekély adszorpciós kapacitású. Az üledékminta nyomelem-összetétele a forrásának tekinthető gránit összetételét tükrözi (55. ábra).



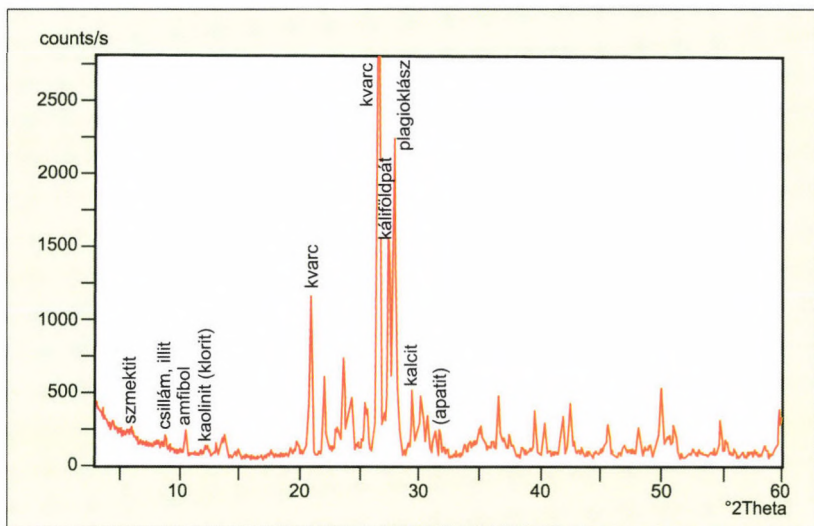
53. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Bataapáti, P4/5 (BA 174)



54. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Nagymórággyi-völgy, P3

Hutai-patak P7/2

Szürkés, tarka, durvaszemű, éretlen homok, arkóza. Az alkotórészek több mint 75%-a finomhomok méretű szemcsékből összeállt, könnyen szét-



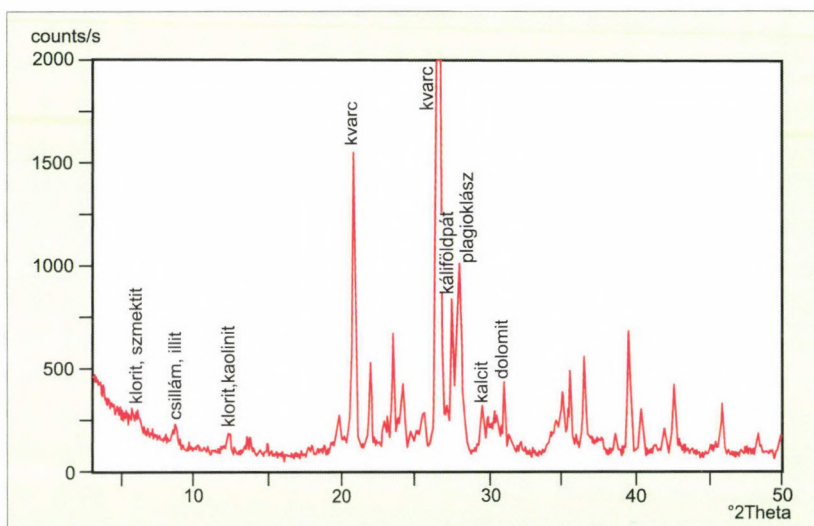
55. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Hutai-patak, P7/1

morzsolható barnásszürke szemcse, amelyben néhány tizedmm-es kvarc, opak szemcse és csillámlemez ismerhető fel, de agyagméretű, iszapméretű szemcsék is lehetnek benne. A többi elegyrész 1–2 mm-es vagy még nagyobb narancsos, rózsaszínes kálföldpát, fehér plagioklász, szintelen kvarc, félig oxidált, mállott biotitlemezek. Egy-egy apró szintelen szemcse sósav hatására pezseg. Mágneses ásványt nem találtunk benne. Az ásványszemcsék egyáltalán nem kerekítettek, hanem félig sajátalakúak, ill. töredékek.

Az ásványos alkotók 55%-a kvarc, 25%-a pedig földpát, 15% plagioklással és 10% kálföldpáttal. Az agyagásványokat, rétegszilikátokat 8% csillám-illit, 5% klorit és/vagy kaolinit, továbbá 1–2% szmektit képviseli. 5% körüli a karbonátásványok mennyisége, közel ugyanannyi kalcittal és dolomittal. A mintában nem tapasztalható anomális nyomelem-tartalom, és különösebb nyomelem-dúsító fázisok jelenlétével sem kell számolni (56. ábra).

Hutai-patak P1

Szürkésbarna, kavicsos, közép-durvaszemcsés homok, kevés agyagos és iszapos elegyrésszel. Vörös elszíneződés nem látszik. Nagyobb méretű szögletes, zsírfényű, áttetsző kvarc-, ill. kevesebb rózsás-narancsos és fehér földpát szemcse alkotja az üledék túlnyomó részét, de megfigyelhető benne több, nagyobb fekete, átlátszatlan, puha szemcse, kevés apró csillámlemezke, továbbá apró, fehér sósavban pezsgő karbonátok is. A rendkívül apró, fekete, opak szemcsék között van mágneses is. Nagyobb fehér kvarckavicsok is bekerültek az anyagba.



56. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Hutai-patak, P7/2

Szintén 60% kvarc alkotja az uralkodó fázist. Lényeges különbség a Nagymórággyi-völgy mintáihoz képest, hogy nincs a mintában dolomit, annak ellenére, hogy számottevő mennyiségben, 17%-ban van jelen a kalcit. 8% körüli plagioklász és 2% káliföldpát képviseli a földpátokat a gránitból.

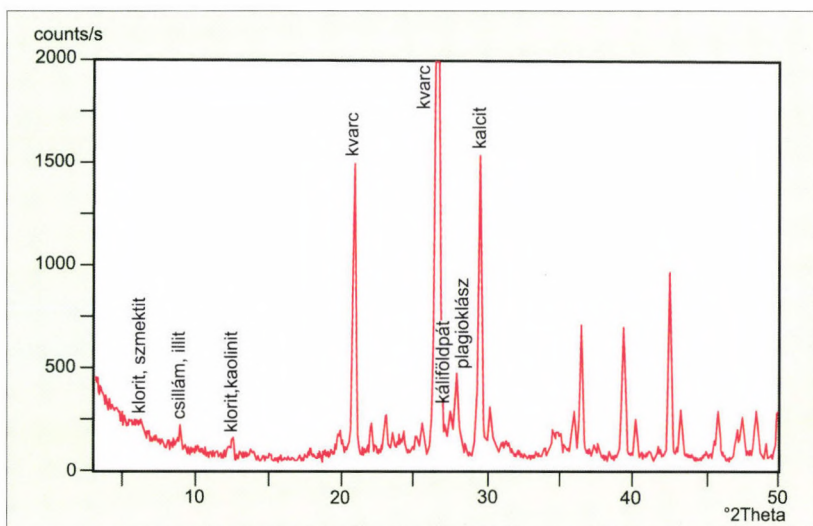
Kifejezetten kevés arányt mutatnak a rétegszilikátok valamint az agyagásványok, hozzávetőlegesen 5–5% csillámmal, ill. klorittal és nagyon kevés szmektittel, továbbá talán kaolinnal. Számottevő nyomelemduktó, adszorbeáló ásványos fázis jelenlétével nem kell számolni a mintában (57. ábra).

Hutai-patak P2 (BA 2/03)

Világos szürkésbarna, teljesen homogén, finomhomokos iszap. Külső megjelenésében tulajdonképpen egyedi bélyegeket nélkülöző, közönséges, átlagos üledék. Apró csillámlemezkek, átlátszó, szintelen kvarcsemcsék és fekete opak szemcsék láthatók benne. Mágneses szemcsé nincs, sósavval megcseppentve a minta kicsit pezseg.

A kvarc aránya a mintában 65%, a plagioklászé közel 12% (káliföldpát csak 1% alatti mennyiségi arányban fordul elő), a kalcit aránya 7%. E fő alkotó ásványok mellett alárendelt az agyagásványok, rétegszilikátok aránya: 7% csillám-illit és 5–6% klorit, nagyon kevés szmektit jelenléte lehetséges.

Érdekes – és az összes többi mintától eltérő – a gipsz megjelenése 1–2%-os mennyiségben. A rendelkezésünkre álló információk alapján a gipsz előfordulása



57. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Hutai-patak, P1

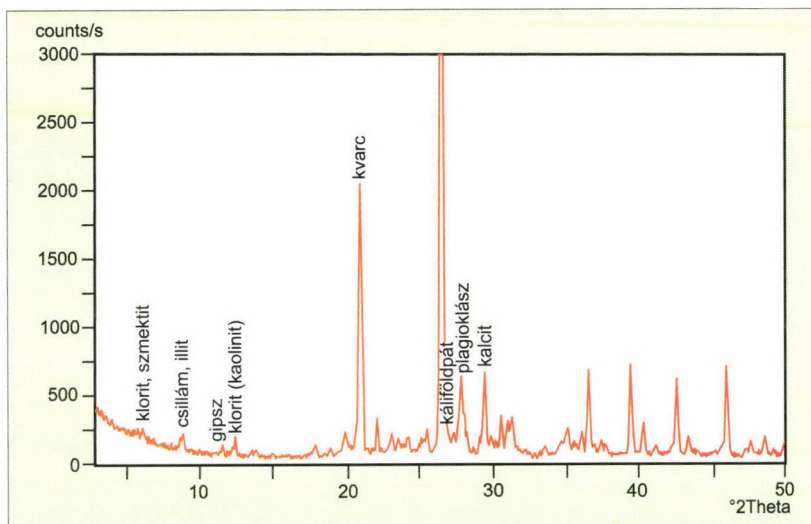
genetikailag idegen a vizsgált területen. Számottevő nyomelem dúsító, adszorbeáló ásványfázis jelenlétével ebben a mintában sem kell számolni (58. ábra).

Szabadszántók-völgy P5

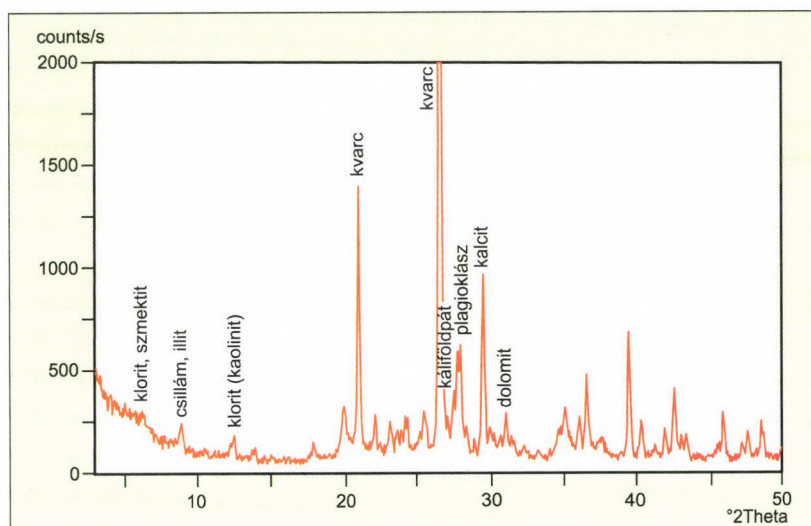
Szemcsés szerkezetű, barna, agyagos iszap. Kis méretű csillámlemezek, átlátszatlan fekete szemcsék és egy-egy homokméretű kvarcsemmecske, valamint növénydarabok láthatók benne. Sósavval megcseppentve enyhén pezseg. A minta uralkodó ásványfázisa a kvarc (67%), 9% a plagioklász, 4% a káliföldpát aránya. Kis mennyiségben karbonátásványok (6% kalcit és 2% dolomit) is megjelennek a mintában. A rétegszilikátok, agyagásványok közül a csillám-illit-félék dominálnak 7%, 4% körüli a klorit és 1–2% a szmektit aránya (59. ábra). A minta nyomelemtartalma az adott háttérben nem minősül anomálisnak, ahogy a nyomelemekkel kapcsolatos ásványfázisok aránya is igencsak alárendelt az üledékmintában.

Szabadszántók-völgy P6

Barna durva-, középhomokos, agyagos iszap, növényi maradványokkal (gyökér, mag). 0,5–1 mm-es fehér és rózsaszínes földpátok, szintelen kvarcsemmecsék és hatszöges barnás biotitlemezek, továbbá fekete, átlátszatlan szemcsék (köztük egy-két mágneses is), ill. kagylóhéjtöredékek figyelhetők meg a mintában. A fehér mészszelemcsék és molluscahéjak sósavval megcseppentve pezsegnek. A szemcsék kerekíthetetlenek. 55% kvarc, 8% plagioklász, 3% káliföldpát, 10% kalcit, 1% dolomit és 1% amfibol képezik a minta nem-agyagásványait.

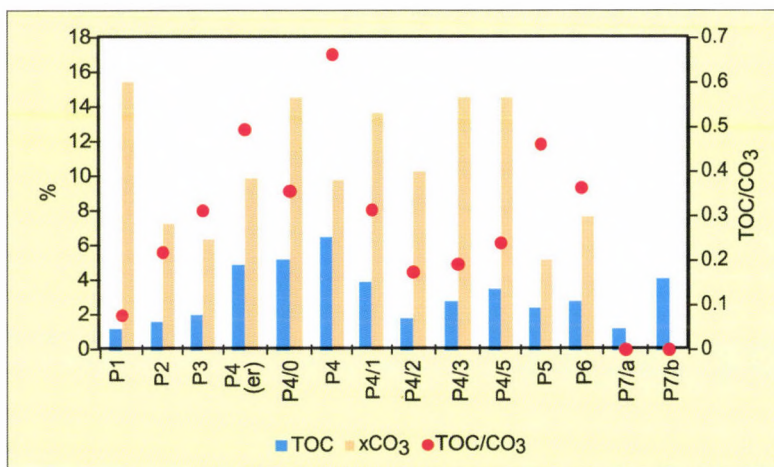


58. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Hutai-patak, P2 (BA 2/03)



59. ábra. A patakmeder üledékmintájának röntgendiffrakciós felvétele, Szabadszántók-völgy, P5

Az agyagásványok, rétegszilikátok közül a csillám-illit-félék dominálnak (10%), 6% klorit és 2–3% szmektit mellett (60. ábra). Az előző mintához hasonlóan, e minta nyomelem-összetétele sem tekinthető rendkívülinek.



61. ábra. A vizsgált minták teljes szerves szén- és karbonát-tartalma

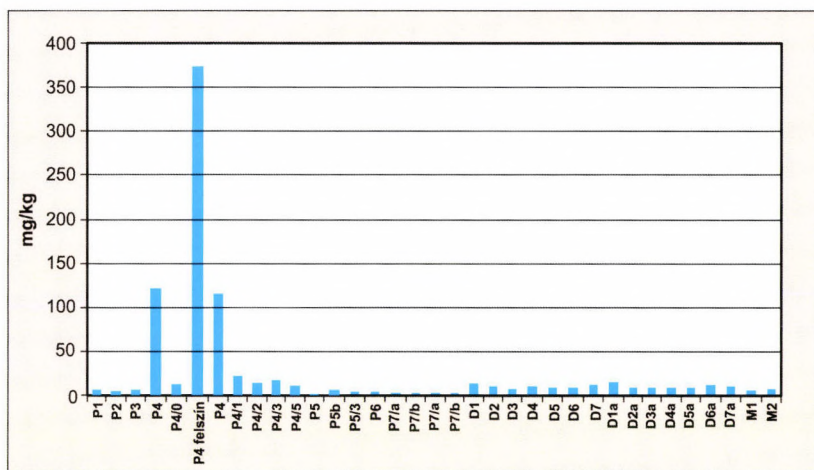
színét egy a korábban már leírt, pár tized mm vastagságú réteg borította, így abból idén külön mintát vettünk.

Nagy általánosságban elmondható, hogy a korábbi talaj mintavételezés-kor gyűjtött minták As és Ba tartalma megegyezik a MÁFI által a kutatófúrásokból gyűjtött mintákéval (62., 63. ábra). Ettől eltérően a legtöbb iszapmintában az As tartalom fele, negyede a talajokban tapasztaltak. Ilyen eltérést a Ba esetében nem tapasztaltunk, itt az iszapok és a talajok TEC értékei hasonlóak voltak.

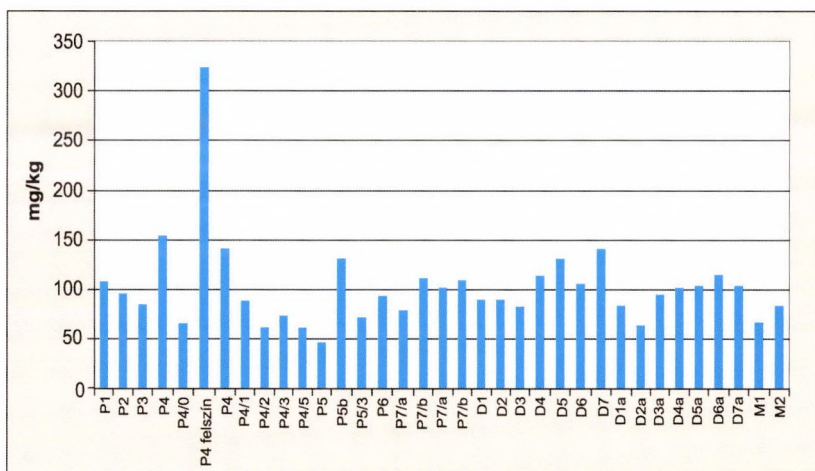
Jelentős anomáliát a Nagymórággyi-völgy P4 pontban tapasztaltunk. Itt a tavalyi évben vett mintavételt megismételve ismét 100 ppm fölötti értékeket tapasztaltunk. A vékony vasas fedőfilmben ez az érték még ennek a magasabb koncentrációnak is a többszöröse. Amint azt a röntgen-diffrakciós vizsgálatok is megerősítették, az arzén jelentős részt a vashoz kapcsoltnak van jelen. Ezt támasztják alá az extrakciós vizsgálatok is.

A TEC tekintetében az As/Fe arány a P4 pontban kiemelkedő, mind a tavalyi, mind pedig az idei mintákban. Az As/Fe maximum a ferrihidrit által vörösré színezett vékony hártványban maximális. Ugyanezt az eloszlást tapasztalhatjuk az As/Mn és az As/Al arányok esetében is (64. ábra). Itt az As maximumhoz a három főelem közül a vashoz tartozik a legkisebb As/x maximum. (A diagram skálamaximuma a két másik fém tizedrésze!) Ez egyúttal azt is jelenti, hogy ezek közül az elemek közül az arzén a vashoz kötődik leginkább.

Ennél sokkal lazább a kapcsolat a mangánnal, az alumínium pedig egyes szakirodalmi forrásokkal ellentétben negatív kapcsolatot mutat az arzénnel. Az arzén koncentráció-maximum oldaláról közelítve ez azt jelenti, hogy a 171-es mintához viszonyítva az As/x arány a vasnál kisebb csökkenést mutat, mint a mangánnál vagy az alumíniumnál (65., 66. ábra).



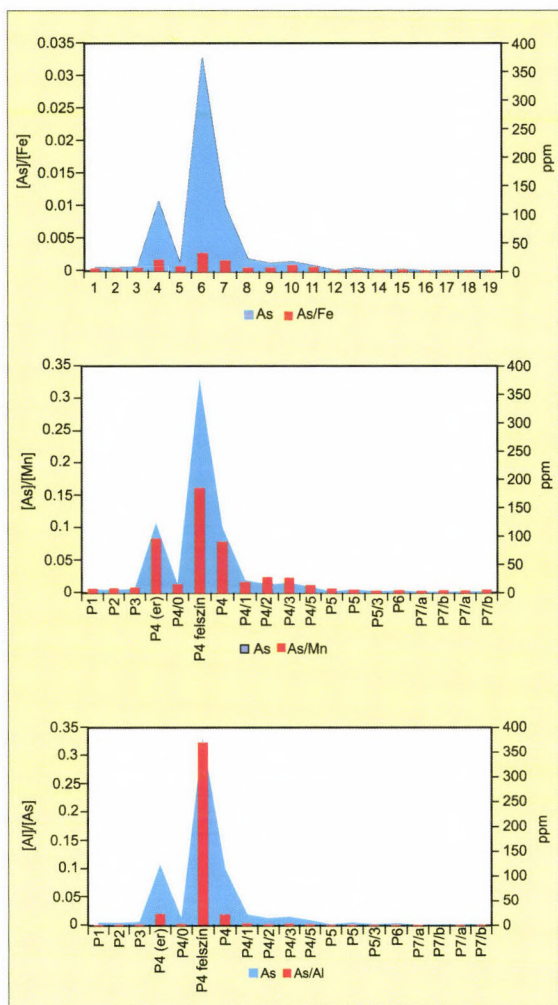
62. ábra. A vizsgált minták arzéntartalma (TEC)



63. ábra. A vizsgált minták báriumtartalma (TEC)

Mint azt az előzőekben is megállapítottuk, a bárium esetében az arzénhez hasonló anomáliák nem mutatkoznak. Ennek köszönhetően a 171-es mintában a főelemekhez hasonló As/Ba csúcs jelentkezik. A bárium a felszíni üledékekben, a feltalajokban és az iszapminták többségében 80–120 ppm-es tartományban található.

A Nagymórágyi-völgyben azonban ennél alacsonyabb Ba-koncentrációk jellemzők, bár ez a negatív anomália a völgyoldalban már nem jelentkezik.



64. ábra. A vizsgált minták arzéntartalmának arányai a főelemekhez viszonyítva

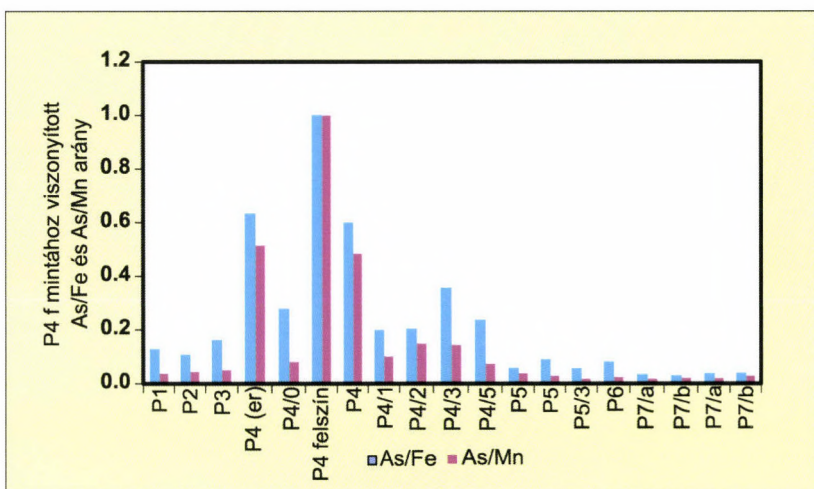
koncentrációja időben sem egyenletesen van jelen a mederüledékekben. Az év folyamán e toxikus félfém folyamatosan csökkenő koncentrációban volt jelen a P8 pontban (67. ábra). Az év végére az arzén koncentrációja 1–2 ppm körüli értékre csökken.

Megfigyelhető a továbbiakban, hogy e pontban a vastartalmú csurgalékok legtöbb esetben a *Carex riparia* gyökérzetéhez kapcsolhatók. Egyes esetekben (különösen tavasszal) ezek az üledékek 200–500%-kal magasabb koncentrációkban tartalmazzák ezt az elemet. Az arzén koncentrációinak vál-

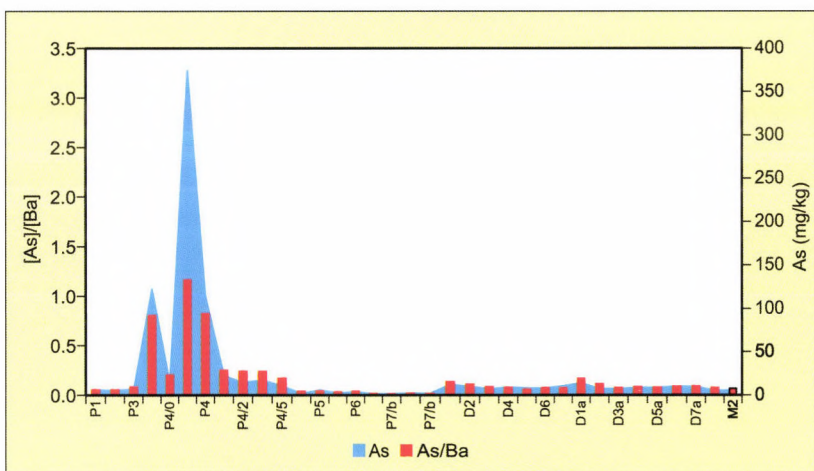
A P4-es mintákban a többi itteni (P3, P4/x) mintától eltérően a P7-es mintánál is magasabb Ba-koncentráció mutatható ki, ami a 171-es mintában tovább dúsul 300 ppm fölé.

A mederrendezést (2004) követően – a 2003-as és 2004-es évekhez hasonlatosan – a Nagymórággyi-völgyben ismét beindultak olyan természeti folyamatok, amelyek a korábbiakban több nyomelem, köztük az arzén és a bárium természetes feldúsulásához vezettek. Ennek bekövetkeztét egy korábbi jelentés (A Nagymórággyi-völgy patakmeder üledékeinek As és Ba tartalmának vizsgálata. – MTA FKI, 2004) előre jelezte.

Jelen természeti feltételek mellett a Nagymórággyi-völgyben legalább két olyan pont is található (P8, P33), ahol a fejezetcímbe is jelzett nyomelemek feldúsulása folyamatban van. Az arzén akkumulációja ez esetben is ferrihidrit előfordulásával és a *Carex riparia* gyökérzetével van kapcsolatban. E két fém



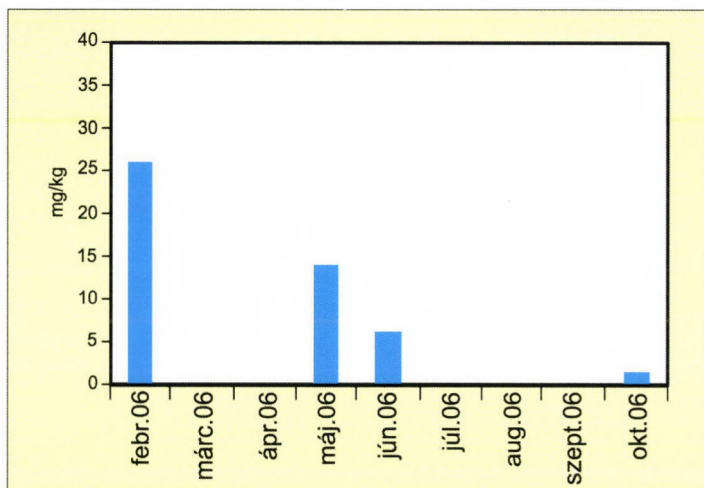
65. ábra. A 171-es mintához viszonyított As/Fe és As/Mn arányok



66. ábra. A vizsgált minták As/Ba arányai (TEC)

tozását ebben az évben nem követte a bárium ingadozása, de minden esetben együtt járt a vas és a mangán koncentrációinak ingadozásával (17. táblázat).

Hangsúlyozni kell, hogy e magasabb nyomfém tartalom még a referencia értékek közelében maradt. A felszíni létesítmény fölött (P8) az arzén koncentráció szezonális ingadozásának feltehetően egyszerre van földtani és élettani-ökológiai oka.



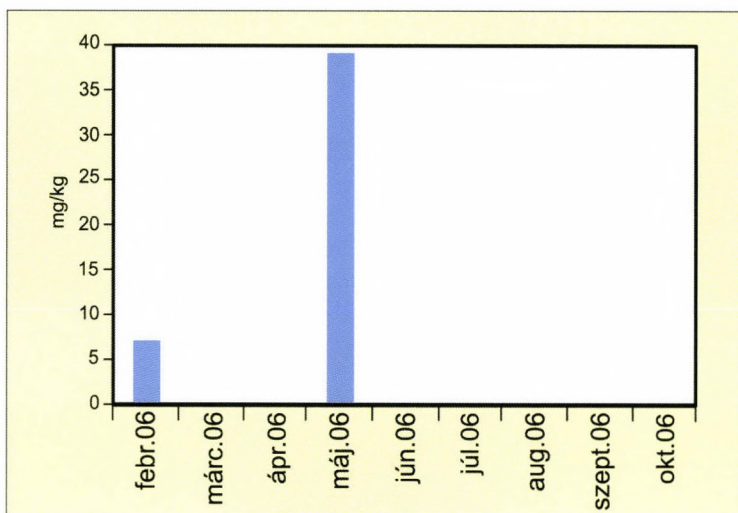
67. ábra. Az arzén koncentrációinak időbeli változása 2006-ban a P8 pontból gyűjtött átlagmintákban

A P33 pontban az arzén felhalmozódása a tavasz végére olyan méreteket öltött, hogy a vöröses fedőüledékben koncentrációja elérte a korábbiakban többször is hivatkozott C_1 értéket (68. ábra; 18–19. táblázat).

Mivel a koncentráció csúcsok a völgy alsóbb szakaszán elhelyezkedő bukó mögötti (P33) pontban eltolva jelentkeznek a lejtőszaknákhöz (P8) képest és a bukó előtti kövezett medret is rendszeresen kotorják, így arra következtethetünk, hogy a 2004-től eltérően *az itt felhalmozódó arzén a felsőbb patakszakaszokról származik*. A nyár és az ősz folyamán ezt a pontot a kotrás miatt mintázni nem tudtuk, épp ezért azt sem tudhatjuk, hogy az akkumuláció tovább folytatódhatott volna – e az év folyamán.

A 2005. évi mérésekkel összevetve azonban elmondhatjuk, hogy egy esztendő alatt az arzén 10–15-szörös, a bárium 2-szeres koncentrációra tud feldősulni. Korábban azt valószínűsítettük, hogy a régebbi P4 pontban működő természetes geokémiai csapda hiányában ezek az elemek gyorsabban mozoghatnak a patakmederben lefelé. Ezzel az előrejelzéssel egyezik P31 pontban megfigyelt magasabb bárium koncentráció is. Ily módon a bukó kotrása ellenére is alsóbb szakaszokat is elérhetnek a P8 és P33 pontokban dúsuló nyomfémek.

A mederiszap színe és elemtartalma közötti kapcsolatot a kétféleképp gyűjtött minták közötti koncentráció megoszlások is alátámasztják. Az alacsonyabb koncentrációk ellenére a P8 pontban a dúsulás mértéke a 700%-ot is elérheti, míg a magasabb koncentrációkat mutató P3-pontban a különbség csak 300%-os. A bárium, a mangán és a vas esetében szintén hasonló mértékű dúsulást tapasztalhattunk (18., 19. táblázat).



68. ábra. Az arzén koncentrációinak időbeli változása 2006-ban a P33 pontból gyűjtött átlagmintákban

18. táblázat. Az arzén, a bárium, a vas és a mangán koncentrációi a P8 és P33 pontokban, mg/kg

Időpont	P8 As	P33 As	P8 Ba	P33 Ba	P8 Mn	P33 Mn	P8 Fe	P33 Fe
2005. 10. hó	nd	<3	nd	113	nd	992	nd	20 200
2006.02.23	26	6.7	95	123	1820	584	73 200	24 500
2006.05.19	14	38	97	225	1230	2600	51 000	116 000
2006.06.23	6.2	nd	97	nd	473	nd	61 200	nd
2006.10.18	1.5	nd	93	nd	340	nd	21 600	nd

19. táblázat. Az arzén, a bárium, a vas és a mangán koncentrációinak megoszlása a „vörös színű” üledéket tartalmazó, ill. nem tartalmazó átlagminták között, mg/kg

Minta	As (szürke)	As (vegyes)	Ba (szürke)	Ba (vegyes)	Mn (szürke)	Mn (vegyes)	Fe (szürke)	Fe (vegyes)
P33	12	38	97	225	468	2600	23 200	116 000
P8	2	14	91	97	469	1230	21 600	56 200

Eddigi kutatások alapján a Hutai-patak vízrendszerében a mederiszapokban a nyomelemek Lakanen-Erviö féle extrakcióval meghatározható átlagos elérhetősége az alábbiak szerint alakult:

Ez a környező területek talajaiban tapasztaltaktól jelentősen eltér, hiszen pl. a természeteshez közeli és a mezőgazdasági használatú területek talajaiban meglehetősen immobil cink a mederiszapokban a legnagyobb elérhetőséget mutatta.

A Nagymórággyi-völgyben több vizsgált nyomelem – így az *arzén* és a *bárium* – elérhetősége a mederrendezés óta (2003 és 2006 között) folyamatosan emelkedő trendet mutatott. A mobilitási sorrend második helyén álló *bárium* elérhetősége mutatja összességében a legstabilabb időbeli és térbeli eloszlást. Ennek az elemnek a mederrendezés érdemben nem növelte az elérhetőségét (69. ábra).

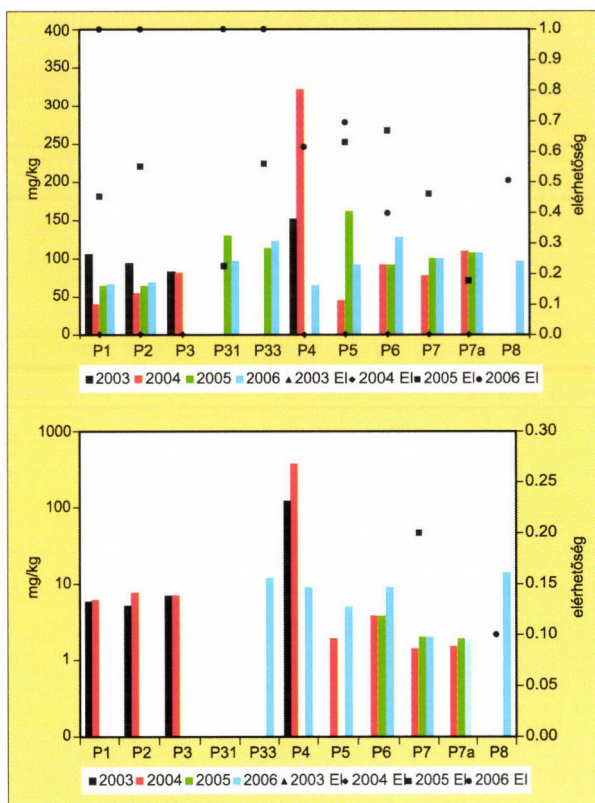
A mobilitási sorrendben az *arzén* és a *kobalt* jelenti a következő lépéseket, 10–15%-os átlagos elérhetőséggel. Az előző csoporthoz hasonlóan a Bataapáti

környezetében előforduló talajokban mérteknél és a szakirodalomban fellelhető adatoknál ezek az értékek is sokkal (nagyságrendekkel) magasabbak.

A teljes kioldható elemtartalomhoz képest mindkét elem fellelhetőségének térbeli és időbeli eloszlása homogén. Az akkumulációs pontokban az *arzén* elérhetősége viszont közel a nullával egyenlő!

15.5. Az arzén és a bárium helyi felhalmozódásainak összefoglaló értelmezése

A Nagymórággyi-völgy meghatározott pontjaiban az *arzén* és a *bárium* természetes folyamatok révén dúsulhat fel. A felhalmozódásban abiotikus és biotikus tényezők



69. ábra. A mederiszapok Lakanen-Erviö féle extrakcióval mérhető nyomelem-koncentrációinak és elérhetőségüknek a változása 2003–2006 között

egyaránt szerepet játszanak. A biotikus tényezők közül kiemelendő a *Carex riparia* (parti sás).

A korábbiakban is leírt ferrihidrites, e két nyomelem akkumulációját is jelző vöröses csurgalékok a *Carex riparia* mélyben kirohadt gyökereiből képződött csövecskéihez kapcsolódnak (46. kép). Meg kell jegyezni, hogy e növény gyökereiben a Szabadszántók-völgyben is jelentős arzénakkumulációt sikerült kimutatni. Mivel a völgytalpakban is ez a faj a domináns lágyszárú növényfaj, így a szivárgó magasabb As tartalmú vizekből ez úton nagy mennyiség halmozódhatott fel a környező réti talajban is.

A növény pusztulása után a szerves anyagok lebomlásával együtt (immáron szerves komplexben) ismét oldatba kerülhet. Ráadásul a nagyvizek idején az iszap helyileg magas arzéntartalma, annak átkeveredésével gyorsan felhígulhat. Az abiotikus tényezők inhomogenitásának és a folyamatos utánpótlásnak köszönhetően As és Ba akkumulációs pontok jöhetnek létre.

Az abiotikus tényezők közül az amorf (ill. „félig amorf”) vas-(ferrihidrit-) és talán mangánfázisokat egyaránt tartalmazó képződmény okozhatta a tapasztalt nagy nyomelem-koncentrációt. Mivel e fázisok nemcsak a felületükön kötik meg a nyomelemeket, hanem a szerkezetükbe is beépítik azokat,



46. kép. Vasas folyásnyomok a Nagymórággyi-völgyben

a nyomelemek elég stabilan kötöttek tekinthetőek. Ezt az arzén esetében az elérhetőségi extrakciós vizsgálatok is alátámasztják, mivel a 370 ppm-es teljes arzénkoncentráció mellett a Lakanen-Erviö féle extrakció nem tudott a mérési határ feletti arzénmennyiséget kioldani.

Az amorf (ill. „félleg amorf”) vasképződmények mellett, a szerves vegyületek magas aránya akár szintén a nyomelem szorpciót fokozó tényező lehet. A P7b pont esetében a szerves vegyületek azonban inkább az oldékony-ságot fokozó tényezőként jelentkeztek. A minták ismeretében ebben az esetben arról lehet szó, hogy a szerves szén elsősorban fulvosavak formájában lehet jelen, bár ezt méréssel nem igazoltuk.

A nyomelemek mobilitását elméletileg tovább csökkenti a karbonátok jelenléte, a szerves vegyületek magas aránya, valamint a bázikus kémhatás. Ki kell hangsúlyozni, hogy a P4-es pontban az Eh kivételével szinte minden abiotikus tényező szorpció erősségét fokozza, a ebben a pontban (az arzén kivételével) az összes nyomelem elérhetősége jóval magasabb a többi mintánál.

16. A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kialakítása és biztonsága

A Bataapáti térségében létesítendő Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolót (NRHT) a Paksi Atomerőmű üzemeltetéséből és majdani leszereléséből származó kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok befogadására és biztonságos végleges elhelyezésére tervezzük. A kis és közepes aktivitású hulladékok végleges elhelyezésének jogszabályban rögzített célja a hulladékban lévő – az emberre és a környezetre potenciális veszélyt jelentő – radioaktív izotópok elszigetelése a bioszférától, és ezáltal a jelenlegi és jövőbeli nemzedékek, valamint a környezet védelme.

A tervezés kiindulási adata a Paksi Atomerőműben a tervezett 30 éves üzemeltetés alatt keletkező és ott kondicionált 20 000 m³ üzemi és kb. 20 000 m³ leszerelési hulladékmennyiség. A tervezett tárolónak tehát így összesen mintegy 40 000 m³ kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék befogadására kell alkalmasnak lennie. A létesítési engedélyezési fázisban az atomerőmű üzemeltetési időszakában keletkező hulladékmennyiség fogadására és elhelyezésére kapott az RHK Kft engedélyt.

Az üzemeltetésből származó kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat a paksi telephelyen kondicionálják és csomagolják. A folyékony radioaktív hulladékokat a jelenlegi tervek szerint 400 literes hordókba cementezik. A kimerült ioncserélő gyantákat és iszapokat (nedves szilárd hulladékokat) szintén cementbe ágyazzák, de 200 literes hordókba csomagolják. A szilárd hulladékok 200 literes hordókban érkeznek a Bataapáti NRHT telephelyére. A telephely elhelyezkedését és távlati képét a 70. ábra mutatja.



70. ábra. A Bácsaapáti közigazgatási területén kijelölt helyszín

A hulladékfajták felszín alatti elhelyezésére elkülönítetten (szegregálva), egyedi tárolóvágatokban kerül sor (vegyes szilárd hulladékok, cementezett iszapok, cementezett bepárlási maradékok, cementezett ioncserélő gyanták, egyedi hulladékformák), mivel a tároló biztonságát a hulladékforma és csomagolás, a kialakított mérnöki gátak, valamint a megfelelő földtani környezet együtt kell, hogy szavatolja. Az érvényes hazai szabályozás megköveteli a hulladékcsomagok visszanyerhetőségének biztosítását a létesítmény üzemeltetési időszakában. E feltételek miatt a hulladékok egy részénél a lerakáshoz elhelyezési konténert alkalmazunk majd. A hulladékok biztonságos – és a várható engedélyezési feltételeknek megfelelő – elhelyezéséhez az átvételre

kerülő csomagokat ellenőrizni kell mind tartalmi, mind minőségi vonatkozásban. Így a létesítményben az alábbi tevékenységeket kell végezni:

- a hulladékcsomagok fogadása, szállító járműről való lerakodása,
- az ellenőrizendő csomagok kiválogatása, roncsolásmentes és min-tavételes ellenőrzése,
- a csomagok ideiglenes tárolása,
- a hulladékcsomagok elhelyezési konténerbe helyezése, a konténeren belüli térkitöltés elkészítése és a konténer zárása,
- az elhelyezési konténerek leszállítása a tárolóvágatba, pozicionálás,
- a tárolóvágatok tömedékelése.

Az alaptevékenység elvégzéséhez az alábbi járulékos feladatok teljesítésére is szükség van:

- a létesítmény őrzés- és vagyonvédelmi rendszereinek üzemeltetése,
- a hulladékcsomagok nyilvántartása, nyomon követése,
- a sugár- és környezetvédelmi rendszerek üzemeltetése,
- az elhelyezésre szolgáló vasbeton konténerek gyártása és minőség-ellenőrzése,
- a keletkező radioaktív hulladékok kezelése és kondicionálása.

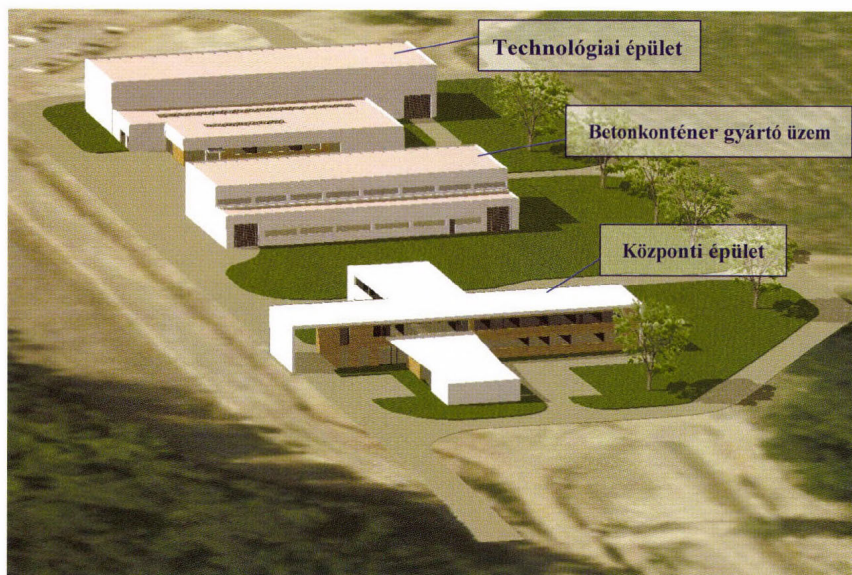
A fenti tevékenységek végzéséhez és funkciók ellátásához egy felszíni telephely és az onnan belső úthálózaton és lejtőszaknákon keresztül megköze-líthető, felszín alatti elhelyezési vágatrendszer létesül.

16.1. A felszíni telephely és létesítményei

A radioaktív hulladékok végleges tárolójának felszíni üzemterülete Bataapáti község külterületén, a Nagymórági-völgyben helyezkedik el. A telephely a völgyfenéken elhelyezkedő biztonsági kerítéssel körülhatárolt, ezen belül őrségi úton körüljárható, 7 ha nagyságú terület, amely kerítéssel elhatárolt, ellenőrzött és felügyelt zónákra lesz felosztva. A felügyelt zóna a kiszolgáló, irányító egység területe, míg az ellenőrzött zóna területén a felszín alatti tárolótérbe kerülő anyagok kezelése, mozgatása történik.

A tervezett tevékenység ellátásához a felszínen három épület felépítését tartalmazzák a tervek, az adminisztratív/fogadó épület (központi épület), a betonkonténer gyártó üzem és a technológiai épület, valamint az épületeket és a környezetet kiszolgáló egyéb létesítmények (üzemanyagkút, olajtartályok, ellenőrző és tisztító műtárgyak, utak). A telephelyen elhelyezkedő épületek látványtervét a 47. kép mutatja be.

A telephely a völgy tengelyével megegyező, É–D-i irányban lett kialakítva. A viszonylag szűk keresztirányú hely miatt a telephely helyszínrajza elnyújtott formájú. A tároló felszíni létesítményei a Hutai-patak jobb parti mellékvízfolyása, a nagymórági-völgyi kisvízfolyás 0+460 km – 1+060 km



47. kép. Az épületek elrendezésének látványterve

szelvények közötti szakaszán helyezkednek el. Ez a terület a rendezési terv módosításában különleges területként szerepel.

A felügyelt zónát körülvevő külső védelmi kerítés, valamint az ellenőrzött zónát körülvevő belső védelmi kerítés 2,4 m magas, hegesztett acélpálcás, táblás kerítés felszín alatti behatolást gátló beton lábazattal. A telephely megközelítéséhez, a felszíni létesítmények kiszolgálásához térvilágítással ellátott utak és gépjárműparkolók épülnek. A telephelyet megközelítő út nyomvonala – a tervek szerint – a Bátaapáti településbe vezető 56103 sz. közút burkolatához csatlakozik. A tervezett telephelyet megkerülő út a megközelítő útból ágazik ki és a már megépített felvonulási út nyomvonalát követi. A tervezett utak egy része 6 m-es, egy része pedig 4,5 m-es burkolatszélességgel, kétoldalt kiemelt szegéllyel kerül kialakításra. A pályaszerkezet teherforgalmi igénybevételre tervezett.

A felszíni telephelyen létesülő épületek szabadon állóan helyezkednek el. A központi épület a telephely É-i végére telepített épület, amely a létesítménybe való beléptetésre szolgál, továbbá adminisztratív, őrzésvédelmi szolgáltatást lát el, helyet kapnak benne környezetvédelmi laboratóriumok, műhelyek, irodák, raktárak. A betonkonténer gyártó üzemben történik a konténerek gyártása, érlelése, valamint minőség ellenőrzése. A technológiai épületben történik a hulladékcsomagok fogadása, ideiglenes tárolása, a minták laboratóriumi vizsgálata, a telephelyen keletkező radioaktív hulladékok gyűjtése és kezelése, az elhelyezési konténerek feltöltése és zárása. Itt található az ellenőrzött zónába való beléptetés helye.

A hulladék be-, ill. elszállítása a daruzott csarnoktéren keresztül történik. Az ideiglenes tárolásra használatba kerülő épületben a technológiai csarnok Ny-i oldala menti kapuzott keretállásba beálló szállító jármű rakteréről a hulladéktartalmú hordókat magába foglaló hordkereteket egy 2,5 tonna teherbírású futódaruval emelik ki és helyezik el az átmeneti hulladéktárolásra kialakított 15 m x 40 m (600 m²) lerakóhelyre, ill. egy részük vizsgálat céljából a γ -szkennelő helyiségbe kerül. Lerakódás alatt a gépkocsi vezető a részére kialakított helyiségben tartózkodik. Az ideiglenes tárolótérben a 200 literes hordókat négyesével 1300 x 1300 mm alapterületű, 1000 mm magas hordkeretben, alaprajzilag hét sorban, egymásra rakva tárolják, 4 hordó magasságig.

Az épületnek ugyanezen a végén történik a beérkező vasbeton konténerek tárolása, hordókkal való megrakása és térkitöltése. Az anyagmozgatásra 35 tonnás futódaru szolgál. A feltöltött, lezárt konténereket speciális targoncával szállítják a déli oldali ipari kapun keresztül a felszín alatti tárolóba. A konténer szállító targonca üzemén kívüli tárolására ebben az épületrészben van lehetőség.

16.2. A felszíni telephely mérnökgeológiai viszonyai

A területen két alkalommal – 2002-ben és 2006-ban – végeztek geotechnikai kutatásokat. Ezek alapján a területről két geotechnikai szakvélemény készült: a DRILL URBAN Bt. által készített, 2002 májusi keltezésű Területismertető Talajmechanikai Szakvélemény és a GEO STAT Kft. által a tároló felszíni létesítményei építési engedélyezési tervéhez készített, 2006. decemberi keltezésű Talajmechanikai Szakvélemény.

16.2.1. Talajfeltárás, laboratóriumi vizsgálatok

Az általános talajadottságok, rétegződési viszonyok és a talajvíz helyzetének megismerésére a kutatások során különböző típusú feltáró fúrásokat mélyítették a területen. Az első alkalommal kézi spirálfúróval és gépi fúróberendezéssel készített feltárásokból a gépi fúrások rétegleírása mellett félig zavart spirál-mintákat és zavartalan mintavételre alkalmas folyamatos magmintákat nyertek. A második alkalommal a fúrásokat BORRO rendszerű talajfeltáró gépi berendezéssel mélyítették, a fúrásokból félig zavart spirál-mintákat vettek.

A spirál-minták segítségével a rétegződés változása, az anyagi összetétel, a víztartalom és a talajállapot (konzisztencia, tömörség) jól követhetőek voltak. A mintasor részletes makroszkópos vizsgálatát követően laboratóriumi mintavételre és az azonosító vizsgálatok elvégzésére került sor. A vizsgálatok eredményeként ismeretessé vált az egyes rétegek természetes

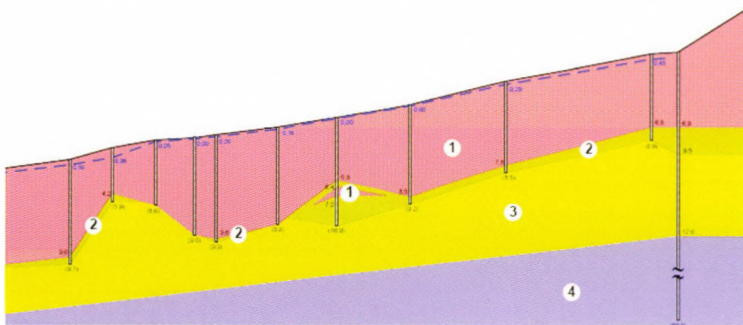
víztartalma, összetétele, szemszerkezete, kötöttségi foka, talajállapota, valamint ezen jellemzőknek az azonos rétegeken belül mutatkozó eltérései is.

A folyamatos magminták részletes makroszkópos vizsgálatát követően a szükséges mélységekből laboratóriumi mintákat vettek. A minták egy részén azonosító vizsgálatokat végeztek. A minták másik részén – melyek legjobban reprezentálták az alapozási szinteken várható és egyben a harántolt talajszelvényre leginkább jellemző általános talajfizikai tulajdonságokat – szilárdsági (triaxális) és alakváltozási (kompressziós) vizsgálatokat végeztek: a szilárdsági vizsgálatok triaxális cellában, pórusvíznyomás méréssel és konszolidált mintákon történtek 0,5 mm/perc törési sebességgel. Az ödométerben végzett kompressziós kísérleteknél addig az állapotig zajlottak a vizsgálatok, amikor a terhelés hatására a fajlagos összenyomódás már nem változik ($\Delta\epsilon \approx 0$ körüli), így azok időigénye majdnem három hét volt.

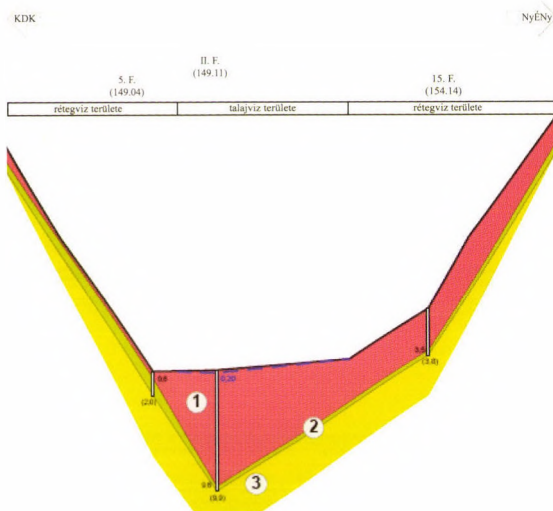
A fúrások meglehetősen változó genetikájú, eltérő településű és változatos összetételű rétegződési körülményeket tártak fel. A rétegek összetételét és települési viszonyait alapvetően a hegyvidéki térségben található völgyoldali–völgyfenéki környezet határozta meg. A vizsgált területet alapvetően egy olyan fluviatilis jellegű – az időszakos és az állandó vízfolyások által összehordott és lerakott – alluviális üledéksor jellemzi, mely a lejtőket borító lösz és az alapkőzet mállástermékeinek keveredéséből létrejött hordaléktalajok építenek fel.

A vizsgált talajszelvényekre általánosan jellemző, hogy a talajok kötöttsége a mélységgel arányosan csökken, ezzel együtt a szemcsés talajalkotók %-os aránya pedig folyamatosan nő. A felszíni és felszínközeli réteget még a kötött jellegű talajok uralják, az alsóbb részekben azonban már a szemcsés jellegű talajféleségek vannak túlsúlyban. A jellemző rétegszerkezet vázlatos ismertetése az alábbiak szerint adható meg:

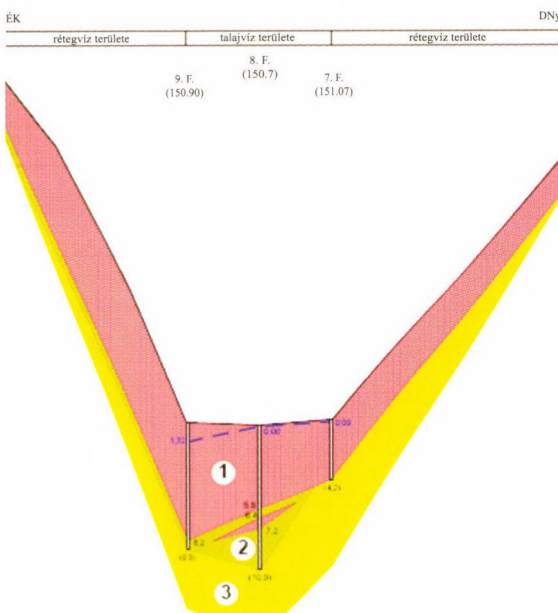
Sárga-szürke, kőzetmálladékos, iszap-agyag (1. réteg a 71–73. ábrákon).



71. ábra. A völgy hossz tengelyével párhuzamos geotechnikai rétegszelvény. – 1 = sárga-szürke, kőzetmálladékos iszap-agyag; 2 = szürke-barna, agyagos kitöltésű kőzetmálladék; 3 = barna gránitmurva, mállott gránit; 4 = gránit kőzet



72. ábra. Keresztirányú geotechnikai rétegszelvény I.
– 1–3 = lásd a 71. ábránál



73. ábra. Keresztirányú geotechnikai rétegszelvény II.
– 1–3 = lásd a 71. ábránál

A vizsgált terület rész altalajának zömét kitevő réteg a magasabb térszínekről a holocén kor folyamán lemosott lösznek és a gránit alapkőzet mállás-termékeinek változó arányú, de alapvetően kötött jellegű keveréke. E hordaléktalaj tömegének döntő többségét a lösz adja, amelyben többkevesebb gránit-málladék található.

Ezt a képződményt a fúrások mindegyikében előfordult, a területre általánosan jellemző felszíni üledék. A felszíntől számított 0,8–9,6 m mélységig volt észlelhető. A völgyfenéktől a hegyoldalak felé egyre vékonyodó települést mutat: a hegyoldalakon már csak minimális vastagságban található, ugyanakkor a völgyfenék tengelyében 4,2–9,6 m közötti vastagságú, meglehetősen szeszélyesen változó.

Genetikájának, anyag összetételének és korának megismerését tekintve döntő körülmény, hogy e réteg teljes szelvényében fellelhetők a növényi maradványok, melyek általában elszennyezett ágdarabok, rothadó (tőzegesedő) levél- és szármaradványok, valamint humuszos-szerves foltok formájában jelentkeznek.

E talajféleség kialakulását tekintve lényeges

adalek továbbá a gránit kőzetanyagának az a tulajdonsága, hogy a felszínre kerülve az atmoszferikus (meteorológiai) hatások eredményeként – alapvetően a különböző anyagú ásvány szemcsék eltérő hőtágulása és vegyi ellenállása miatt – mállásnak indul. A fizikai (mechanikai aprózódás) mállás eredményeként viszonylag rövid időn belül gránitmurva, vagy gránitdara lesz belőle. Az aprózódással párhuzamosan, de egyre gyorsuló ütemben zajlanak a kémiai mállás folyamatai is, melyek során a földpátokból számottevő mennyiségű agyagásvány és szericit-pikkely keletkezik, továbbá kalcit- és dolomitkristályok jönnek létre. Ez a rétegekifejlődés – összetételéből, genetikájából adódóan – változó mértékben ugyan, de határozott térfogatváltozó tulajdonsággal rendelkezik.

A réteg keletkezésére vonatkozóan meg kell még említeni azt is, hogy az eredetileg homokliszt-frakcióból (főként a 0,02–0,06 mm közötti szemcseméret dominál) álló löszanyag nedves közegben szintén gyors mállásnak (aprózódás) indul:

Szürke-barna, agyagos kitöltésű kőzetmálladék (2. réteg a 71–73. ábrákon).

Ez az üledék réteg már csak helyenként, kisebb-nagyobb foltok és lencsék formájában volt kimutatható, s lényegében *nem más, mint az 1. réteg alsó, bevezető, alapvetően szemcsés jellegű változata*. Települése – mindenhol közvetlenül az 1. réteg alatt – a felszíntől számított 2,0–10,0 m mélységig volt észlelhető 0,3–4,2 m vastagságban. Általában ez a réteg is az 1. réteggel közel azonos jellegű települést mutat: a hegyoldalakon már ez is csak kis vastagságban található.

A geotechnikai szempontból homok- és kavics-frakciót képező talajalkotókat az éles szemű, rövid szállítási távolságú és a közeli magaslatok területén képződött – földtani értelemben inkább kőzetlisztnek és kőtörmeléknek minősülő – kőzetmálladék jelenti. Ebből a rétegből – szemcsés, törmelékes jellege miatt – jó megtartású és laboratóriumi vizsgálatra alkalmas zavartalan minta nem volt előállítható:

Barna gránitmurva, mállott gránit (3. réteg a 71–73. ábrákon).

A feltárások mindegyike e réteg felszínén akadt el, a természetes felszín alatt 2,0–10,0 m mélységben. A réteg vastagsága mintegy 5–10 m-re tehető. Lényegében az *eredeti, karbon kori üde gránit kőzet kissé mállott, de általában erősen töredezett, felaprózódott, ennek ellenére még helyben maradt felső rétege, a terület építésföldtani értelemben vett alaprétege*. Geotechnikai szempontból már kis törőszilárdságú kőzetnek minősíthető:

Gránit kőzet (4. réteg a 71. ábrán).

A karbon kori üde, szálban álló gránit kőzetet, mely egyben a tágabb terület alaphegységi kőzete, a felszín alatti 16–17 m mélységben érték el a fúrások.

A gránitról általánosan ismeretes, hogy jellemzően szemcsés (porfíros) szövettű, erősen savas, mélységi magmás kőzet. Fontosabb ásványi alkotórészei: földpát (főként mikrolin és ortoklász), plagioklász, csillám (biotit,

muszkovit, lítiumcsillám) és természetesen kvarc. Járulékos elegyrészeként általában az amfibol, piroxén, fluorit, andaluzit, gránát, berill, topáz, epidot, pinit, apatit, ilmenit, korderit, titanit, cirkónium, turmalin, augit, hematit, pirit, kassziterit és a magnetit, másodlagos bomlásának eredményeként pedig még a klorit, sziderit és szericit említhető meg.

A területet felépítő és főként ortoklász-biotitgránit kőzet többnyire porfiroblasztos szövetű, s benne helyenként aplit telérek, alárendelten granodiorit és szienit tömegek is előfordulnak. Makroszkóposan főként a kvarc, káliföldpát és biotit ásványi alkotórészek ismerhetők fel benne. A színes elegyrészek esetében a kloritosodás, a földpátok esetében pedig a kálimetaszomatózis jelei láthatók.

A felszínközeli helyzetű és jelentős vastagságú réteget tektonikusan is igénybevett, erősen repedezett zóna képezi, melyben általában az 1–8 mm tágasságú és nyitott, kloritos bevonatú, ill. zárt, karbonátos vagy kalcitos kitöltésű litoklázisok tagolják a kőzettömeget. E litoklázisok mentén sok esetben a több cm-es mértékű eltolódások is megfigyelhetők.

Az általános rétegződési adottságokat összegezve megállapítható, hogy a vizsgált völgyi környezet rétegződési adottságait tekintve – szoros összefüggésben a morfológiai viszonyokkal – két területegységre bontható.

A felszíni telephely kisebb területű peremi zónáját a völgyoldali rétegekifejlődés jellemzi. Itt a vékony, s a völgyfenék irányába kissé kivastagodó löszös-törmelékes fedőréteg alatt már a felszín közelében megjelenik az alaphegység gránitja és gránitmurvája. A fedőrétegek – erősen változó, heterogén összetételük ellenére – itt általában szárazabbak és tömörebbek, s ebből következően terhelhetőségük és kompresszibilitásuk is kedvezőbb, mint a völgyfenék térségében.

A felszíni telephely nagyobb területű belső zónájára már a völgyfenéki rétegekifejlődés jellemző. Itt az alaphegység kőzetanyagát már általában 4–10 m vastag fedőréteg takarja. Ez a völgyi hordaléktalaj – genetikai adottságaiból következően, vagyis a felszíni vizek időben és térben gyorsan változó vízjárásának eredményeként – már a viszonylag szűkebb környezetben is jelentős mértékű heterogenitást mutat. Ez a diszkordáns települési viszonyokban és a heterogén talajösszetételben egyaránt megmutatkozik.

A települési viszonyokra alapvetően a lencsésen kiékelődő és a réteghiányos kifejlődés jellemző, de esetenként összefogazódó, egymást váltó, és keresztarétegzett rétegekifejlődések is előfordulnak. Megfigyelhető továbbá, hogy egyazon rétegen belül az egyes talajfrakciók %-os aránya – úgy vertikális, mint horizontális értelemben – szeszélyesen és tág határok között változik. Ezzel összefüggésben tehát a réteghatárok néhol elmosódottak és folyamatos rétegtárgátmenetet mutatnak.

A vizsgálati és a helyszíni megfigyelések egyaránt azt mutatják, hogy a fedőképződmények a geológiai jelenkor (holocén) időszakában létrejött fiatal,

laza és konszolidálatlan, s a gyors ütemű lepusztulás és üledék-felhalmozás eredményeként létrejött hordaléktalajok, melyek ezen a részen – a felszínen vagy már közvetlenül a felszín alatt megjelenő talajvíz miatt – minden esetben vízzel telítettek.

Jellemzően laza és nagyon laza vagy puha és folyós talajállapottal, ezzel szoros összefüggésben pedig nagy mértékű kompresszibilitással és igen alacsony terhelhetőséggel rendelkeznek.

16.2.2. Feltöltés zúzott gránitból

A felszín alatti kutatás során a fent említett gránitrétegbe hajtott vágatból kikerülő kőzetből a felszíni telephelyen feltöltés épült, jelenleg ez képezi a terület felszínét. A beépített gránitzúzalék jól graduált ($U > 60$), folyamatos szemeloszlású. Maximális szemcseátmérője 220 mm. Beépítése nagyon tömör állapottal ($T_{ry} = 90\text{--}92\%$) készült. A töltés felszíne D–É irányban egyenes lejtésű, vastagsága az eredeti terep mélyvonulata mentén 3–6 m.

16.3. A felszín alatti létesítmény kialakítása

A 2003 végére lezárult felszíni kutatási fázis eredményeit összegző zárójelentés szerzői rögzítették a 62/1997. (XI. 26.) IKIM rendelet fogalomrendszere szerinti telephely kontúrait és nyilatkoztak a terület földtani alkalmasságáról is. A zárójelentés szerint a kutatások során a telephely alkalmasságát kizáró tényezőt nem találtak. A véglegesített telephely kontúron belül két területet, az ún. alkalmas területet és a potenciális területet különítették el. A telephely határait magassági értelemben a +60 és a –20 mBf szintekben határozták meg. Biztonsági okokból az engedélyezett telephelyi zónán belül az elfogadhatónak tartott tárolási mélység a –10 és +10 mBf mélységtartományban található.

A végleges elhelyezésre szolgáló felszín alatti létesítmény kialakítása, ill. üzemeltetése – beleértve a radioaktív hulladékok leszállítását is – főfeltárási vágatrendszer, két párhuzamos lejtőszakna felhasználásával történik. A lejtőszaknák nyitópontjai a Nagymórággyi-völgyet Ny-i oldalon határoló domboldalon találhatók. A –10% dőléssel kihajtott lejtőszaknák a tervezett tárolási mélység, a tárolói talppont elérését, a lejtőszaknákat 220–270 m-enként összekötő vágatok a menekülő útvonalak és az áthúzó szellőztetés megteremtését biztosítják.

A felszín alatti rendszer – a felszínihez hasonlóan – ellenőrzött és felügyelt zónákból áll. Az ellenőrzött zóna a hulladéktároló üzemeltetési és lezárási tevékenységeit, a felügyelt zóna pedig az építési tevékenységeket biztosítja. A Ny-i lejtőszakna teljes hosszában az ellenőrzött zónához, a K-i lejtőszakna pedig a felügyelt zónához tartozik majd, azaz a Ny-i lejtőszakna

elsődlegesen a hulladékszállítási feladatokat, míg a K-i lejtősakna az ezzel párhuzamosan haladó építést lesz hivatott kiszolgálni. A felszíni és a felszín alatti létesítmények között a csatlakozási pontot a Ny-i, ill. a K-i lejtősakna nyitópontjain tervezett portálépületek jelentik.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére kamrás megoldást alkalmaznak. Az egy kijáratú tárolókamrák kihajtása a tárolóösszekötő vágatból szisztematikus elrendezésben, egymással párhuzamosan, 15 m-es pillér tartásával, kamramezőkbe rendezve történik. Biztonsági megfontolások miatt a kamrák egyszintes elrendezésben kerülnek kialakításra, azaz a kamrák, ill. az azokat egységes rendszerbe integráló kamramezők nem kerülhetnek egymással fedésbe. A tervezett felszín alatti létesítmények – Bábaapáti községhez, ill. a felszíni telephelyhez viszonyított – elhelyezkedését a 74. ábra mutatja.

16.3.1. Megközelítő/szállító vágatok

A végleges elhelyezésre szolgáló felszín alatti létesítmény kialakítása, ill. majdani üzemeltetése (beleértve a radioaktív hulladékok leszállítását is) a jelenleg kialakítás alatt álló főfeltároló vágatrendszer (a két párhuzamos lejtősakna) felhasználásával történik. A két lejtősakna kialakítását 2005 februárjában kezdték meg. A lejtősaknák nyitópontjai a Nagymórági-völgyet Ny-i oldalon határoló domboldaldalban találhatók. A felszíni telephelyről nyitott két lejtősakna a Mórági Gránit egy alsóbb mállási szintjéből indult, amiben mintegy 90–100 m-t halad. Ezt követően a lejtősaknák teljes hosszukban a Mórági Gránit üde, ill. különböző mértékben repedezett képződményeit tárják fel.

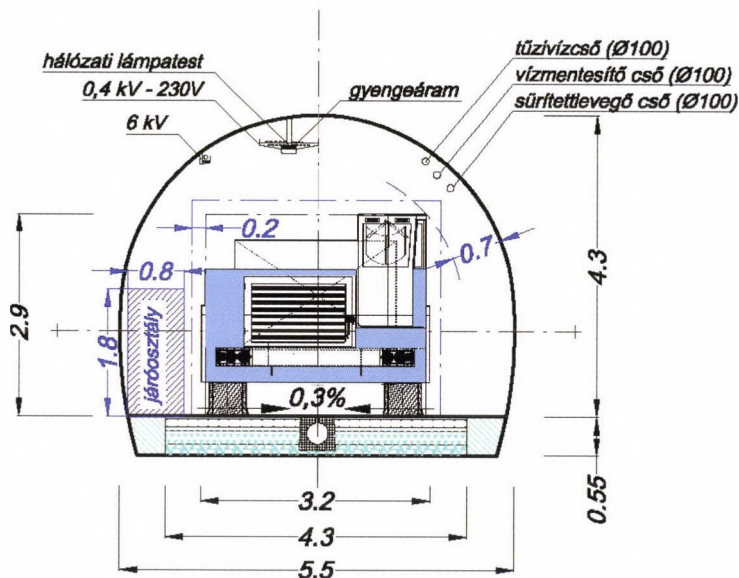
A 10%-os lejtéssel kihajtott lejtősaknák a tervezett tárolási mélység, a tárolói talppont elérését, a szállító és menekülő útvonalak, az áthúzó szellőztetés megteremtését biztosítják. A vágattengelyek távolsága a nyitópontoknál 103,6 m. Ez a távolság a K-i kutatóvágat 130. fm-e után csökken le 32,2 m-re, amely távolság a lejtősaknák tervezett talppontjáig megmarad. A két lejtősakna a szállítási és légvezetési szempontoknak megfelelően átlagosan 250 m-enként összekötő vágatokkal kapcsolódik egymáshoz. A tervezett talppont elérését követően, a végleges elhelyezés céljára időközben meghatározandó terület elérésére és megkutatására a tervek szerint +0,5 % dőléssel kialakítandó ún. alapvágatok szolgálnak.

A lejtősaknát, a kutató kamrákat és az alapvágatokat 21 m² szabad szelvényrel hajtják ki. Ez a létesítmény teljes működése szempontjából a kritikus szelvény. Az összekötő vágatok, valamint az azokhoz csatlakozó lejtősakna szakaszok 25 m² szabad szelvényűek (75. ábra).

A Ny-i lejtősaknában – csakúgy, mint az ellenőrzött zóna összes más vágatában, kamrájában, ill. a felügyelt zóna kiszolgáló tereiben – szilárd burkolatú utak kerülnek kialakításra. Az anyagkiválasztásnál szempont volt, hogy a beépítendő rétegek nem tartalmazhatnak szerves eredetű anyagot, valamint



74. ábra. A tervezett felszín alatti létesítmények elhelyezkedése a biztonsági és védőövezetek feltüntetésével



75. ábra. A megközelítő vágat szelvénye

azoknak megfelelő szorpciós tulajdonságúaknak és lúgos kémhatásúaknak kell lenniük. E feltételeknek a betonburkolatú utak, ill. a cement kötőanyagú alaprétegek felelnek meg.

16.3.2. Tárolókamrák

A korábbi nemzetközi felülvizsgálat megállapításai szerint a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére tárolókamrák megoldást célszerű alkalmazni. A kamrák egymással párhuzamosan, 15 m-es pillér tartásával, kamramezőkbe rendezve kerülnek kihajtásra. A biztonsági és üzemeltethetőségi okok miatt meghozott döntések értelmében a hulladék-tárolót – a tárolóterek egymáshoz viszonyított helyzete alapján – egyszintes elrendezésben alakítják ki.

A tárolókamrák alapesetben merőlegesen csatlakoznak a tárolóösszekötő vágathoz. A legjobb helykihasználás érdekében a tárolókamrákat egymással párhuzamosan célszerű kihajtani. Az I. kamramező, ill. az azt feltáró hurok méreteinek meghatározásakor a következő adatokat vették figyelembe:

A kamrákat a hosszú távú biztonság fokozása érdekében egy kijáratall kell kialakítani.

Az első négy tárolókamra aktív hossza legfeljebb 100 m, teljes hossza 110 m lehet (a visszatömedékelés és a rakodás kapcsán felmerült technológiai megfontolások miatt a teljes hosszhoz képest a tárolásra ténylegesen felhasználható hossz 10 m-rel rövidebb lesz).

Az előkészítő vágat és a tárolókamra közti kapcsolatot egy 15 m hosszúra tervezett, a feltáró vágattal megegyező szelvényű, a kamrapaput is magában foglaló betároló vágat (ún. nyaktag) biztosítja, amelynek a kamra felé eső utolsó 5 m-e kónuszos kialakítású.

A tárolókamrák szelvényalakját és a kamrák közötti pillér méretét a rendelkezésre álló laboratóriumi és helyszíni geotechnikai vizsgálati adatok alapján kell optimalizálni. Ezek a munkák az engedélyeztetési terv követelményrendszerének megfelelően megkezdődtek. A részletes számításokkal optimalizált statikai terveket azonban a kiviteli tervezési fázisban kell véglegesíteni. A pillérméretet a koncepcionális tervezés során kiindulásképpen 15 m-re vették fel. A szabad szelvényméret meghatározásánál a következő szempontokat kellett figyelembe venni:

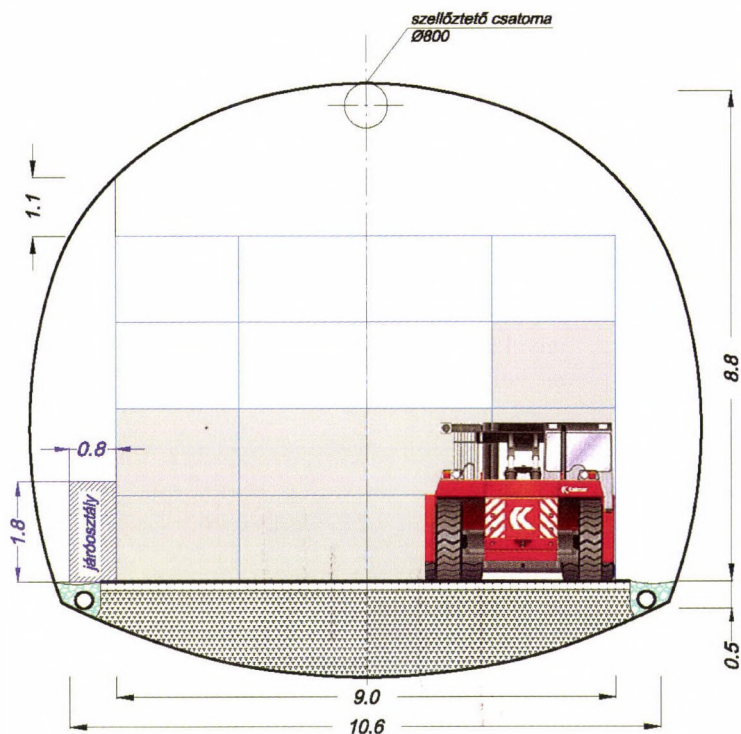
A $2,25 \times 2,25 \times 1,55$ m fő befoglaló méretű, négyzetes hasáb alakú vasbeton konténereket a tárolókamra adott szelvényében 4 sorban, ill. 4 oszlopban kell elhelyezni. (Ez jelenti a tervezési alapesetet). A konténerek mellett mindkét oldalon minimálisan 0,8 m széles közlekedési-ellenőrzési sávot kell biztosítani.

Mivel a betároláskor a felső rögzítési pontokkal kivitelezett konténereket a betároló berendezés (speciális targonca) függesztve (felső megfogással) juttatja végleges helyükre, gondoskodni kell ennek többlet helyigényéről is.

Figyelemmel kell lenni a szükséges ideiglenes szerelvények (szellőztetés, világítás, monitoring-eszközök, tömedékelő géplánc berendezései stb.) helyigényére. Az így meghatározott tárolóvágat keresztmetszetét a 76. ábra mutatja.

16.4. A létesítmény üzemeltetése

A szállító jármű fogadása a létesítmény központi épületében történik. A központi épülettől az ellenőrzött gépkocsi a technológiai épületben lévő beállóba megy. A járműről a hordókat – a hordkerettel együtt – daruval emelik a zárt csarnokban lévő lerakó helyre. A beérkezett hulladékcsoomagok néhány százalékát ellenőrzésre a hulladékminősítő (γ -szkennelő) helyiségbe szállítják. Sugárvédelmi ellenőrzés után a gépkocsi elhagyja az ellenőrzött zónát. Amennyiben az ellenőrzés alatt a gépkocsi felületén szennyeződést találnak, úgy azt eltávolítják. Az ép és a hulladék-átvételi követelményeknek megfelelő csomagolt hulladékot targonca segítségével az átmeneti tárolóba szállítják. A hordókat az ideiglenes tárolótérben alaprajzilag több sorban egymásra rakva tárolják. A sérült csomagolású hordókat a hulladékkezelő területre szállítják, ahol a hulladék fajtájától és mennyiségétől függően gondoskodni kell az új-racsomagolásról.



76. ábra. A tárolókamra szelvénymérete

A konténergépjármű üzemben legyártott, azonosító számmal ellátott betonkonténereket targoncával szállítják át a technológiai épületbe, ahol azokat az üres konténertároló területen tárolják. A hordókat targoncával a konténeresítő területre szállítják, és daru segítségével helyezik be az üres konténerbe. Ezután a konténert térkitöltő anyagokkal töltik ki, majd rögzítik a lezáró fedelet.

Az ellenőrzött és dokumentált konténerek ezután szállító járműre kerülnek, ami a felszín alatti tárolótérbe szállítja azokat. A jármű áthalad a Ny-i portál biztonsági beléptető rendszerén, majd a rendszer fő hulladékbeszállító útvonalán, a Ny-i lejtőszakán, a Ny-i alapvágaton és az annak folytatásaként kialakított szintes főszállító vágaton és a betároló vágaton keresztül egészen a kamra bejáratáig halad. A kamra feltöltése hazafelé haladó sorrendben, egy-egy szelvény lehetőség szerinti teljes kitöltésével történik. A konténereket 4 sorba és 4 oszlopba rendezve kell elhelyezni. Egy-egy kamra teljes betárolása után a megtelt tárolókamrát el kell tömedékelni. A tömedékelés betonból készül, amelybe mintegy 50–60% gránitüzalék kerül adalékanyagként.

A tárolót automatizált módon üzemeltetik, minimális eszköz- és személyigénnyel. Az ellenőrzött zónában a felszíni vezénylőbe jeleket továbbító zárt lán-cú kamerahálózat kerül kialakításra a beszállítás és betárolás nyomon követésére.

A létesítményben végzett fő tevékenység (a létesítmény üzemeltetése) sugárveszélyesnek minősül. A létesítmény ellenőrzött zónájában személyi do-zimetriát, a zóna helyiségeiben és az üzemterületen külső sugárzás és aeroszol aktivitás ellenőrző és jelzőrendszert, a tehergépjármű bejáratnál gamma- és neut-ron detektoros sugárkaput, a személy kiléptető pontnál szennyezettség ellenőrző sugárkaput kell működtetni. Az üzemterületen és a külső környezetben 4 helyen a telephelyi vezénylőkkel on-line kapcsolatban álló környezet ellenőrző állomá-sokat kell telepíteni, melyekről üzemzavar esetén – az üzemterületi radioaktív kibocsátások feltételezésével – jelzést és riasztást kell adni a vezénylőkbe.

16.5. A biztonsági elemzés eredményeinek értékelése

A biztonsági elemzést, ill. az ehhez kapcsolódó munkákat a 47/2003. (VIII.8.) ESzCsM rendelet követelményeinek kielégítésével végeztük el. A biztonsági elemzés készítése során – a külföldi, valamint az eddigi hazai gyakorlatnak is megfelelően – a hatályos magyar jogszabályokat, a jelenlegi nemzetközi ajánlá-sokat és fejlesztési koncepciókat alkalmaztuk. Emellett támaszkodtunk az Eu-rópai Unió (EU), valamint a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) Nukleáris Energia Ügynöksége (Nuclear Energy Agency, NEA), továbbá a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) e területen publikált metodikai segédleteire.

A biztonsági elemzés metodikailag az adatgyűjtésből, adat- és rend-szerelemzésből, a lehetséges forgatókönyvek (szcenáriók) felállításából és rangsorolásából, az ezekhez szükséges koncepcionális és matematikai mo-dellek megfogalmazásából, a következmény-elemzésekből, továbbá a kritéri-umoknak való megfelelés értékeléséből áll.

A biztonsági értékelés egyik alapvető bemenő adata, az aktivitáskészlet (hulladékfeltár) a környezetvédelmi engedélyben jóváhagyott adatokra épül. Az atomerőmű normál üzemvitelére számított aktivitáskészletet a béta és gam-ma sugárzó izotópok esetén tízszeres, míg az alfa sugárzók esetén százszoros szorzóval vettük figyelembe a NAÜ WATRP csoportja által javasoltak szerint a biztonsági tartalék teljesítése érdekében.

Az elszigetelés követelményéből kiindulva 200 000 éves időszakot vizsgáltunk. Az ez alatt az időszak alatt bekövetkező valamennyi eseményt és kölcsönhatást egyedileg figyelembe venni szinte lehetetlen, ezért a biztonsági értékelésben az ezeket figyelembe vevő forgatókönyveket alkalmazunk. A bátaapáti telephelyre készítendő biztonsági értékeléshez burkoló eseményeket kerestünk és az alábbi releváns forgatókönyveket azonosítottuk:

- normál fejlődéstörténeti forgatókönyv;
- az éghajlatváltozás forgatókönyve;
- a kikényszerített felhagyás forgatókönyve;
- a nem ismert repedés forgatókönyve;
- a kamrát harántoló repedés (és annak két alváltozata, az injektált és nem injektált repedés) forgatókönyve;
- a szándékolatlan emberi behatolás forgatókönyve (fúrómag vizsgálat).

A forgatókönyvek definiálása után – a telephely jellemzőire, a hulladékok és mesterséges korlátok rendszerére, ill. a környező bioszférára elvégzett adatgyűjtés és adatértékelés eredményeinek felhasználásával – összeállítottuk azokat a matematikai modelleket, amelyek a forgatókönyvek várható kimenetelét jellemzik.

A biztonsági értékelés egyik kulcselemként a Golder Associates Kft. hidrogeológiai modellezést végzett az áramlási rendszer és a radioaktív anyagok transzport folyamatainak jellemzésére. A legtöbb kutatásból származó földtani információ ugyanis nem közvetlenül, hanem a vízföldtani modellen keresztül épül be a biztonsági modellbe.

A WATRP csoport ajánlását figyelembe véve értékeltük az üzemviteli tevékenység biztonságát is. Ennek során vizsgáltuk a hagyományos biztonsági kérdéseket, a hulladékcsoomagok kezelését, átmeneti tárolását és az elhelyezési módszereket, ill. műveleti leírásokat és egyéni-kollektív dózisszámításokat készítettünk. E számításokhoz a teljes aktivitáskészletből indultunk ki, mivel az üzemeltetés szempontjából a rövidebb felezési idejű izotópokat is figyelembe kell venni. Értékeltük a hulladéktároló baleseti légköri kibocsátásaiból (tűzesetek) származó sugárterheléseket is. Az üzemviteli biztonság sugárvédelmi szempontú értékelése során megállapítottuk, hogy a hulladék-elhelyezési műveleteket végző operatív személyzetet érő egyéni és kollektív dózis a jogszabályi korlát szerinti érték alatt marad.

A hosszú távú környezetbiztonság értékelése során a saját elemzéseinkben az aktivitáskoncentráció értékeket a PORFLOW program segítségével a vágathajtás által megzavart zóna (EDZ) külső határára, azaz a *near-field/far-field* határfelületre, valamint a hulladék közepére, a hulladék-térkitöltés határfelületre, a térkitöltés-EDZ határfelületre számoltuk ki. A modellben figyelembe vett transzport mechanizmus az advekcio és a hidrodinamikai diszperzió. A számításokat a következő izotópokra végeztük el: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{59}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{234}U , ^{238}U .

A radiológiai következmény-elemzés során a kritikus csoport egyedét érő dózis értékeléséhez az elvégzett *near-field* modellezésből származó radionuklid aktivitáskoncentrációkat használtuk fel, melyeket a hidrogeológiai modellezés eredményeként kapott hígulási tényezők felhasználásával számítottunk ki.

Konzervatívan feltételezhető, hogy radioaktív izotópok transzport-ideje a geoszférában elhanyagolható a maximális fluxus megjelenési idejéhez képest. A kritikus lakossági csoport tagját érő dózist a dóziskonverziós tényezők segítségével számítjuk:

$$H = DCF \times F_D \times C,$$

ahol DCF a dóziskonverziós tényező ($\text{Sv}/\text{év}/\text{Bq}/\text{m}^3$), F_D a hígulási tényező és C a near-field/far-field határfelületen számított radionuklid aktivitáskoncentráció (Bq/m^3).

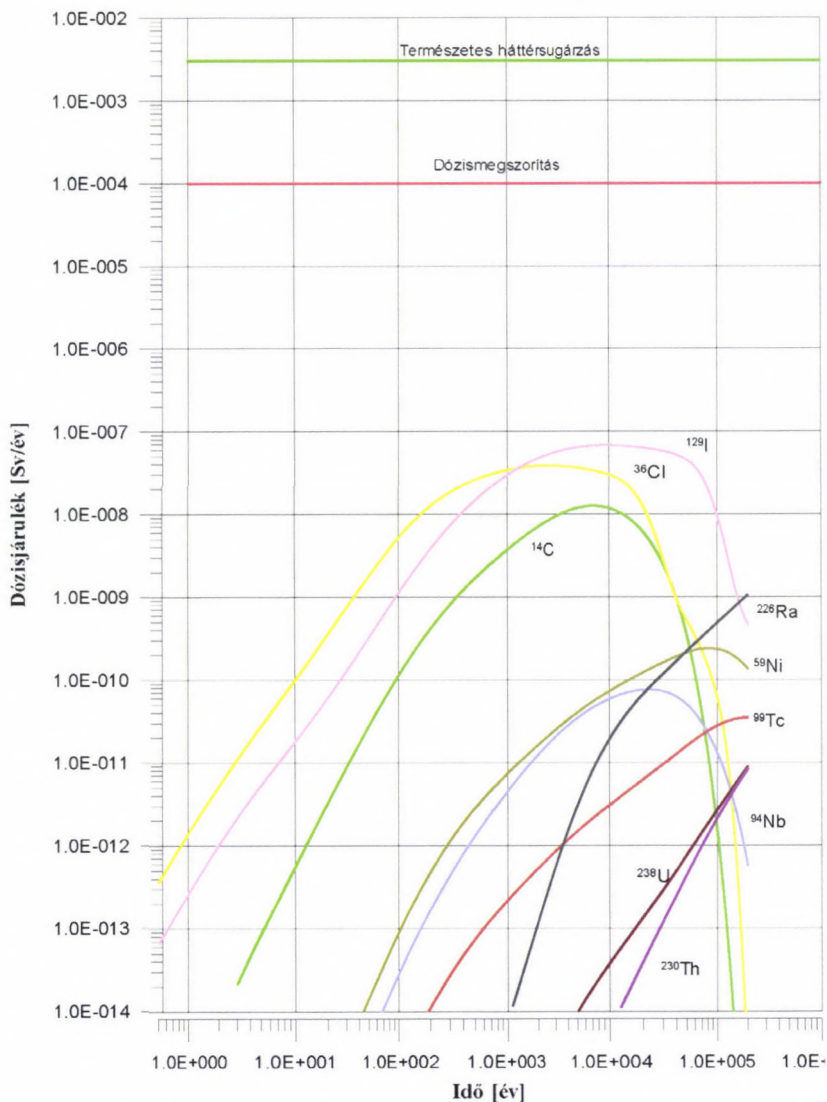
A near-field és hidrogeológiai modellezések eredményeinek, valamint a dóziskonverziós tényezőknek a felhasználásával számított, az egyes radionuklidok által okozott dóziszárulékot a normál fejlődéstörténeti forgatókönyvre a 77. és 78. ábrák mutatják be. Az ábrák külön részletezik a kritikus lakossági csoport felnőtt, ill. 1–2 év közötti gyermek tagját érő dóziszárulékokat. Az eredményeket a Gyurika-forrás fakadásaig kapott hígulási tényezők felhasználásával számítottuk ki.

A földtani környezetben történő radioaktív izotóp transzport vizsgálatánál figyelmen kívül hagytuk a grániton megvalósuló szorpciót (minden izotópra 0 megoszlási hányadost tételeztünk fel), a radioaktív bomlással ugyanakkor számoltunk. A kritikus lakossági csoport tagjait érő dózis számításánál a vízföldtani modellezés során kapott, a tároló szintjétől a mállott gránit felszínéig megvalósuló hígulással számoltunk, figyelmen kívül hagyva a telítetlen zónában megvalósuló kiegészítő hígulást.

A normál fejlődéstörténeti forgatókönyvre a legnagyobb dóziszárulékot a ^{129}I és a ^{36}Cl izotópok okozzák. A ^{14}C dóziszáruléka kb. fél nagyságrenddel kisebb ezeknél, míg a ^{59}Ni , ^{99}Tc , ^{94}Nb , ^{226}Ra izotópok elhanyagolható mértékben járulnak hozzá az össz-dózishoz. Míg az EDZ-gránit határfelületen kialakuló aktivitáskoncentrációk vonatkozásában meghatározóak a ^3H , ^{139}Cs , ^{90}Sr izotópok, addig ugyanezen izotópok dóziszáruléka a bioszférában rendkívül alacsony, tekintettel a geoszférában megvalósuló transzport alatt bekövetkező bomlásukra.

A maximális dózisteljesítmény kialakulásáig eltelt idő az egyes izotópokra a tároló végleges lezárását követő 1000 év és 100 000 év közé esik, eltekintve az uránizotópoktól és leányelemeiktől. Mivel a nagyon távoli jövőre vonatkozó előrejelzések rendkívül megbízhatatlanok (a geoszférára vonatkozó peremfeltételek megváltoznak, a bioszféra megváltozik stb.), 200 000 év körüli elvágási idő használatát láttuk indokoltnak.

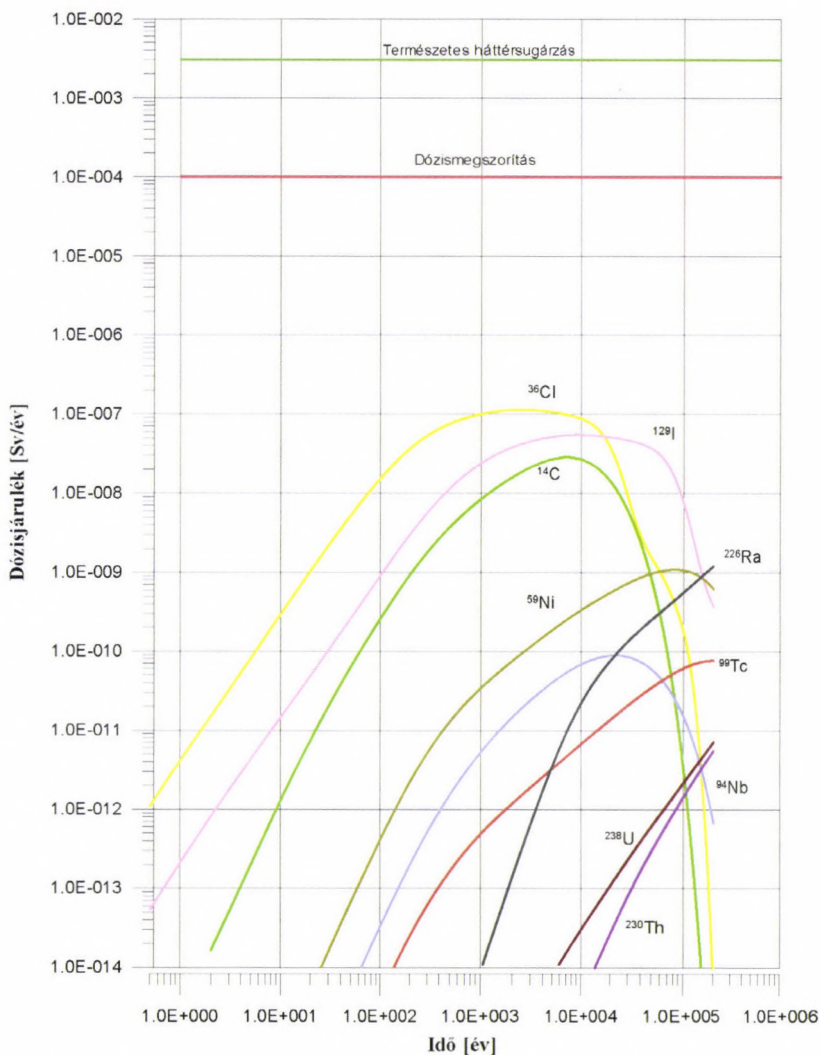
A radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugáregészségügyi kérdéseiről szóló, 47/2003. (VIII.8.) ESZCSM rendelet 4. mellékletének 10. pontja szerint: az elhelyezési rendszer várható viselkedését feltételező körülmények esetén



77. ábra. A kritikus lakossági csoport felnőtt tagját érő dózisjórulékok

a lezárást követően a lakosság vonatkoztatási csoportja egyedeinek sugárterhelése az elhelyezett hulladék hatásaitól eredően nem haladhatja meg a $100 \mu\text{Sv/év}$ effektív dózis értéket.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok Bábaapáti térségében tervezett felszín alatti tárolójára kidolgozott létesítést megelőző biztonsági értékelés eredményei alátámasztották azt a megállapítást, hogy a tároló lezárását



78. ábra. A kritikus lakossági csoport 1–2 év közötti gyermek tagját érő dózisjárulékok

követően a lakosságot érő hosszú távú radiológiai kockázat a jogszabályban előírt korlát alatt marad. A vizsgált időszakra vonatkozóan a megállapítás érvényes mind a normál, mind a vizsgált alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyvekre.

Felhasznált irodalom

- A Bábaapátiban létesülő Nemzeti Radioaktív Hulladék Tároló felszín alatti létesítményeinek műszaki tervdokumentációja. – Fábán&Fábán Kft., AJEFF00001D000, RHK-K-027/07, Budapest, 2007. március.
- ÁDÁM L.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1976. Magyarország felszínmozgásos területeinek földtani-műszaki katasztere. Tolnai-dombság, Somogyi-, Baranyai-dombság, Dunamente. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 23 p., 13 p., 19 p.
- ÁDÁM L.–PÉCSI M. 1985. Mérnökgeomorfológiai térképezés. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 189 p.
- BACSÓ N. 1964. Eróziót okozó nagy csapadékok intenzitása és gyakoriságának országos eloszlása. – Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Közlemények, Gödöllő, pp. 125–132.
- BALLA Z.–MAROSI S.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F.–SZEIDOVITZ GY. 1993. A Paksi Atomerőmű földrengéskockázatával kapcsolatos szerkezeti és geomorfológiai vizsgálatok. – Földrajzi Értesítő 42. 1–2. pp. 111–140.
- BALLA Z.–SCHWEITZER F.–SZABÓ Z.–SZEIDOVITZ GY. 1993. Magyarország földrengésveszélyes övei. – MÁFI Földtani Adattár, Budapest, 29 p.
- BALLA Z. 2000. Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Az üveghutai telephely. Földtani összesítés biztonsági értékeléshez. – Kézirat, MÁFI Tekt. Budapest, 714 p.
- BALOGH J. et al. 2003. A Nagymórányi-völgy vízgőzgyűjtőjének természetföldrajzi vizsgálata és a Hilda-völgy részvízgyűjtő területén létesítendő átmeneti flekk-depónia helyének részletes geomorfológiai és geoökológiai kutatása. – BA-03-195. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 161 p.
- BALOGH J.–JAKAB G.–JUHÁSZ Á.–SZALAI Z.–TINER T. 2003. FEP (Feature, Event, Process) részletes adatbázis Bábaapáti természet- és társadalomföldrajzi pontjainak felépítéséhez. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 56 p.
- BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2002. Talajeróziós vizsgálatok Bábaapáti térségében. Éves Jelentés. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Bp., 54 p.
- BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2003. Talajeróziós vizsgálatok Bábaapáti térségében. Zárójelentés. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 61 p.
- BALOGH J.–JAKAB G.–SZALAI Z. 2008. Jelentés a 2007. második félévi talajeróziós vizsgálatokról Bábaapáti térségében. – BE 6-420. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 53 p.
- BALOGH J.–SCHWEITZER F.–TINER T. 1990. Az Ófalu mellé tervezett radioaktív-hulladék temető földrajzi környezete. – Földrajzi Értesítő 39. 1–4. pp. 103–131.
- BILL, P.–DRAMIS, F. 2003. Geomorphological investigation on gully erosion in the Rift Valley and the northern highlands of Ethiopia. – Catena 50. pp. 353–368.
- BORHIDI A.–SÁNTA A. (szerk.) 1999. Vörös Könyv Magyarország növénytakasulásairól 1–2. – Természet BÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 766 p.
- BULL, L. J.–KIRKBY, M. J. 1997. Gully processes and modelling. – Prog. in Physical Geography 21. 3. pp. 351–55.
- CSÁSZÁR, G. 1997. Basic lithostratigraphic units of Hungary. Charts and short descriptions. (Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Táblázatok és rövid leírások.) – A MÁFI alkalmi kiadványai. Budapest, 114 p.
- CSEPINSZKY B.–JAKAB G.–JÓZSA S. 1998. Barna erdőtalajok eróziós veszteségeinek vizsgálata eső-szimulátorral a Balaton vízgőzgyűjtő területén. Versenyképes magyar agrárgaz-

- daság az évezred küszöbén. Növénytermesztés Agrokémia–Növényvédelem–Környezetvédelem. – Pannon Egyetem, Keszthely, pp. 270–276.
- DÁVID A.–TAKÁCS O.–TIRINGER Cs. 1990. A sugárzási egyenleg eloszlása Magyarországon az 1951–1980-as időszak adatai alapján. – OMSZ kisebb kiadv. 66. Budapest, 94 p.
- ERDŐSI F.–LEHMANN A. 1984. A környezetváltozás és hatásai. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 299 p.
- FEKETE G.–MOLNÁR Zs.–HORVÁTH F. (szerk.) 1997. A magyarországi élőhelyek leírása határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet–Magyar Természettudományi Múzeum, Vácrátót–Budapest, 374 p.
- FERENCZI I. 1937. Adatok a Pécs környéki harmadkori medencerész földtani viszonyainak ismeretéhez. – A Földtani Int. Évi Jelentése az 1929–32. évről. Budapest, pp. 365–408.
- GYALOG L. 1993. Térképezési útmutató. – Kézirat, MÁFI Tekt. Budapest, 271 p.
- GYALOG L. 1996. A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. – A MÁFI alkalmi kiadványai. Budapest, 188 p.
- HAJÓSY F. 1935. A csapadék eloszlása Magyarországon. – OMI kiadv. 11. Budapest, 34 p.
- HÁMOR G. 1964. A Keleti-Mecsek miocén képződményeinek vizsgálata. – A MÁFI Évi Jel. az 1961. évről. Budapest, pp. 109–117.
- HÁMOR G. 1966. Újabb adatok a Mecsek hegység szerkezetföldtani felépítéséhez. – A MÁFI Évi Jel. 1964-ről. Budapest, pp. 193–208.
- HÁMOR G. 1998. A magyarországi miocén rétegtana. – In: BÉRCZI I.–JÁMBOR Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL Rt. és MÁFI kiadv. Budapest, pp. 437–452.
- HORVÁTH F. (szerk.) 1995. Flóra adatbázis 1–2. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót, 267 p.
- HORVÁTH J. et al. 2004. Előzetes Környezeti Tanulmány (EKT) előkészítése. Beszámoló jelentés a környezeti elemek alapszint felméréséről. – Bátatom Kft. BA-04-29. P200V-4-01/01. 237 p.
- HORVÁTH, F. 1995. Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration. – *Marine and Petroleum Geology*, 12. pp. 837–844.
- JAKAB G. 2005. A vonalas erózió megjelenési formái és kártétele vízgyűjtő léptékben. – *Tájökológiai Lapok* 3. 1. pp. 193–194.
- JAKAB G. 2006. A vonalas erózió megjelenésének formái és mérésének lehetőségei. – *Tájökológiai Lapok* 4. 1. pp. 17–33.
- JAKAB G.–SZALAI Z. 2005. Barnaföld erózióérzékenységének vizsgálata esőztetéssel a Tetves-patak vízgyűjtőjén. – *Tájökológiai Lapok* 3. 1. pp. 177–189.
- JANTSKY B. 1953. A mecseki kristályos alaphegység földtani és kőzettani viszonyai. – A MÁFI Évi Jel. az 1950. évről. Budapest, pp. 79–80.
- JOÓ I. 1998. Magyarország függőleges irányú mozgásai. – *Geodézia és Kartográfia*, 19. pp. 28–40.
- KAKAS J.–OZORAI Z. 1955. A 24 órás csapadék abszolút maximuma Magyarországon. – *Időjárás* 59. pp. 344–350.
- KÉRI M. 1952. Magyarország hőviszonyai. – Magyarország éghajlata 7. OMI kiadv. Budapest, 75 p.
- Kis és közepes radioaktivitású atomerőművi hulladékok végleges elhelyezése. Bataapáti telephely tereprendezési terve. – RHK-K-059/5. MÉLYÉPTERV-MÉVIT Kft., 2005. december.
- Kis és közepes radioaktivitású atomerőművi hulladékok végleges elhelyezése a Bataapáti térségében tervezett felszín alatti tárolóban. Környezeti hatástanulmány. – ETV-ERŐTERV Zrt., KKEER00001 D000, RHK-K-105/06, Budapest, 2006. december.

- KISS A.–PRIMÁS A.–REGŐS F. 1971. Lejtős területek üzemi meliorációs tervezése. – OMMI, Budapest 169 p.
- KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001. A Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak településkörnyezeti határvizsgálata. – In: ÁDÁM A.–MESKÓ A. (szerk.): A földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 169–193.
- LELKESNÉ FELVÁRI GY.–SASSI F.P. 1983. A magyarországi prealpi metamorfitek kialakulásának vázlata. – A MÁFI Évi Jel. 1981-ről. Budapest, pp. 79–80.
- Magyarország Nemzeti Atlasza. – Cartographia–MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1989. Budapest.
- MAROSI S.–SOMOGYI S. (szerk.) 1990. Magyarország kistájainak katasztere I–II. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 985 p.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. 1969. A lejtőfejlődés néhány kérdése a talajképződés és a talajpusztulás tükrében. – Földrajzi Értesítő 18. 1. pp. 53–67.
- MUSGRAVE, G.W. 1947. The quantitative evaluation of factors in water erosion – a first approximation. – Journ. Soil and Water Conservation, 2. pp. 133–138.
- PÉCSI M. 1971a. A földcsuszamlások főbb típusai. – Földrajzi Közlemények 19. 1. pp. 125–143.
- PÉCSI M. 1971b. Geomorfológia. – Tankönyvkiadó, Budapest, 239 p.
- PÉCSI, M. 1985. Chronostratigraphy of Hungarian loesses and the underlying subaerial formation. – In: Pécsi, M. ed.: Loess and the Quaternary. Akad. Kiadó, Budapest, pp. 33–49.
- PÉCSI M. 1991. Geomorfológia és domborzatminősítés. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 293 p.
- PÉCSI M. 1993. Negyedkor és löszkutatás. – Akad. Kiadó, Budapest, 376 p.
- PÉCSI, M.–JUHÁSZ, A.–SCHWEITZER, F. 1979. Mapping of areas affected by mass movements. – Applied Geographical Research. Abstract 21. Budapest, pp. 41–49.
- PRIESTLEY, C.H.B.–TAYLOR, R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. – Mon. Weather Rev. 100. pp. 81–92.
- RAJKAI K. 1988. A talajok víztartó képessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. – Agrokémia és Talajtan, 36–37. pp. 15–30.
- SALAMIN P. 1981. Erózió elleni küzdelem és környezetvédelem – Kézirat, a BME Továbbképző Intézet előadássorozatából. Budapest
- SCHUEER, GY.–SCHWEITZER, F. 1979. Engineering geological and geomorphological investigation of landslides in the loess bluff along the Danube in Great Hungarian Plain. – Acta Geologica 22. 1–4. pp. 327–343.
- SCHMIDT E.R. 1962. Vázlatok és tanulmányok Magyarország vízföldtani atlaszához. – Műszaki Kiadó, Budapest, 655 p.
- SCHWAB, G.O.–FREVERT, R.K.–EDMINSTER, T.W.–BARNES, K.K. 1966. – Soil et al. 1966. Soil and Water Conservation Engineering. – 2nd ed. John Wiley, London.
- SCHWEITZER F. 1992. A mérnökgeomorfológia szerepe az előtervezésben és a környezetvédelemben. – Földrajzi Értesítő 41. 1–4. pp. 67–81.
- SCHWEITZER, F. 2006. Disposal of nuclear wastes of low and intermediary level in Hungary. Human Impacts on the Landscape. – IAG/AIG Working Group Meeting, 53 p.
- SCHWEITZER F.–TINER T. (szerk.) 1996. Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephelykiválasztásának földrajzi feltételrendszere. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 180 p.
- SCHWEITZER F.–TINER T. 1996. A geográfia feladatai a hazai nagyberuházások telephelyének kiválasztásában. – Földrajzi Értesítő 44. 1–2. pp. 11–21.

- SCHWEITZER F.–TINER T.–BÉRCI K. szerk. 2003. A Püspökszilágyi RHFT környezet- és sugár-
biztonsága. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 258 p.
- SIMON T. 1992. A magyarországi edényes flóra határozókönyve. – Tankönyvkiadó, Budapest,
892 p.
- SMITH, D.D.–WISCHMEIER, W.H. 1957. Factors affecting sheet and rill erosion. – Trans. Am.
Geophys. Union 38. 6. pp. 886–896.
- STEFANOVITS P. 1956. Magyarország talajai. – Akad. Kiadó, Budapest, 251 p.
- STEFANOVITS P. 1992. Talajtan. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 380 p.
- SZABÓ J. 1977. A melioráció kézikönyve. – Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 394 p.
- SZALAI Z. et al. 2002. Talajviszonyok felmérése Bátaapáti térségében a 2002. évre jóváhagyott
tematika szerint. Potenciális talajszennyezők vizsgálata, Genetikai talajterkép.
Zárójelentés – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 98 p.
- SZALAI Z. et al. 2003. Talajviszonyok felmérése Bátaapáti térségében a 2003. évre jóváhagyott
tematika szerint. Potenciális talajszennyezők vizsgálata. Geoökológiai vizsgálatok.
Zárójelentés – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 56 p.
- SZALAI Z. et al. 2004a. Nagymórággyi-völgy patakmeder üledékeinek As és Ba tartalmának vizs-
gálata. Kutatói jelentés. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 37 p.
- SZALAI Z. et al. 2004b. Talajviszonyok felmérése Bátaapáti térségében a 2004. évre jóváhagyott
tematika szerint. Potenciális talajszennyezők felvehetőségének vizsgálata,
Nagymórággyi-völgy patakmeder üledékeinek As és Ba tartalmának vizsgálata.
Zárójelentés MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 49 p.
- SZALAI Z. et al. 2005. Talajviszonyok felmérése Bátaapáti térségében a 2004. évre jóváhagyott
tematika szerint. Mezőgazdasági terület-használatú területek talajai növényvédőszer
tartalmának állapot felvétele. Patakmeder üledékek potenciális szerves
talajszennyezőinek vizsgálata. Bátaapáti bekötőút potenciális talajszennyezőinek
vizsgálata. Talajszennyezők felvehetőségének vizsgálata. Zárójelentés. – MTA
Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 34 p.
- SZALAI, Z.–HUSZÁR, T.–KERTÉSZ, Á. 2000. Application of the Medrush Model for a Hungarian
Hilly Catchment. – International Symposium on Gully Erosion Under Global Change.
Abstract Book. 126 p.
- Talajmechanikai szakvélemény az atomerőművi kis és közepes aktivitású hulladékok
végleges elhelyezésére szolgáló tároló felszíni létesítményeinek építési engedélyezési
tervéhez I. Központi épület, beton előregyártó, technológiai épület. – Geo-I-070-2006
GEO STAT Mérnöki Szolgáltató és Fővállalkozó Kft. Pécs, 2006. december 4.
- Területismertető geotechnikai szakvélemény a Bátaapáti, Nagymórággyi-völgy térségében
épülő felszíni létesítmények tervezéséhez. – DRILL-URBAN Építéstervezési és
Geotechnikai Bt., Budapest, 2002. május 10.
- TINER T. 2003. A bátaapáti hulladéktároló létesítési engedélyezésével kapcsolatos dokumen-
tumok. Erdőállomány és földtalajdonviszonyok vizsgálata. BE6-420. Zárójelentés.
– MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 38 p.
- Tolna megye statisztikai évkönyve 2002. – KSH Budapest, 2003.
- URBANCSEK J. 1963. Magyarország mélyfúrású kútjainak kataszttere I–XI. – OVH
Vízgazdálkodási Intézet, Budapest.
- VADÁSZ E. 1935. A Mecsek hegység. – Magyar Tájak Földtani Leírása I. Budapest, 210 p.
- VÁRALLYAY Gy.–SZÜCS L.–MURÁNYI A.–RAJKAI K.–ZILAHY P. 1981. Magyarország agroökoló-
giai potenciálját meghatározó talajtani tényezők 1 : 10 000 ma. térképe. – Földrajzi
Értesítő 30. 3. pp. 235–251.
- WEIN Gy. 1967. Délkelet-Dunántúl hegységszerkezete – Földtani Közlöny 97. 4.
pp. 371–395.

- WILLIAMS, J.R.–JONES, C.A.–DYKE, P.T. 1990. The EPIC model. – In: SHARPLEY, A.N.–WILLIAMS, J.R. (eds.): EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. USDA Tech. Bull. 1768. pp. 3–92.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1958. Rainfall energy and its relation to soil loss. – Trans. Am. Geophys. Union 39. 2. pp. 285–291.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1963. A talajveszteség becslése, mint a talajvédelem és a vízvisszatartás tervezésének eszköze. Soil-loss estimation as a tool in soil and water management planning (A szárazföldi erózió problémái), – OMGK, Budapest.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. – U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, No. 537, Science and Education Administration USDA, Washington D.C., 58 p.

1. táblázatmelléklet. Löszpusztarét (*Salvio-Festucetum rupicolae*)

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Acer campestre</i>	mezei juhar	+	-	eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Acer tataricum</i>	tatárjuhar	+	-	pont-pann-balk- kauk	<i>Ac.-Q.ion</i>	MM	6k	4	4	K
<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán	+	-	köz-eu	<i>Carp.ion</i>	MM- M	5a	5	3	E
<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag	1	2	köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
<i>Cornus mas</i>	húsos som		+	DK-(köz)-eu pont	<i>Q.etea p. p.</i>	MM	6a	3	5	V
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya	1	1	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal		+	eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	4	3	E
<i>Pyrus pyraister</i>	vadkörte	+	-	eu-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5	3	4	K
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	akác		1	adv	<i>Bromo st.-Rob. Chf</i>	MM	5	3	4	GY
<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa	2	+	eu-(med)	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
<i>Rubus fruticosus</i>	vad szeder		+	szatl-köz-eu		H-N				TZ
<i>Achillea pannonica</i>	magyar cickafark	3	1	K-köz-eu	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	K
<i>Agropyron repens</i>	közönséges tarackbúza	1		cirk						
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	üromlevelű parlagfű		+	kozsm	<i>Chen.etea</i>	Th	0	5	4	GY
<i>Anthyllis vulneraria subsp. polyphylla</i>	magyar nyúlzapuka	+	-	kont-(K-DK-eu)	<i>F.lia val.</i>	H	6k	3	4	K
<i>Arabis hirsuta</i>	borzas daravirág	+	-	cirk-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5	2	4	K
<i>Asclepias syriaca</i>	selyemkóró	+	-	adv	<i>Epil.lia?</i>	H	5	3	4	GY

1. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Bromus inermis</i>	árva roznok		2	cirk	<i>F.-Brometea</i>	H	5	4	4	K
<i>Campanula sibirica</i>	pongyola harangvirág	+ -		euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	1	5	K
<i>Carlina vulgaris</i>	közönséges bábakalács		+ -	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5a	2	4	TZ
<i>Centaurea micranthos</i>	útszéli imola		1	eu-(med)	<i>F.lia vag. & val.</i>	TH-H	5k	2	4	TZ
<i>Centaurea sadleriana</i>	sadler-imola	1		pann end	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	KV
<i>Centaurea triumphettii</i>	tarka imola	+ -		D-euá-med	<i>F.lia val.</i>	H	5	2	5	V
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	réti margitvirág	+ -	1	euá-(med)	<i>Arrh.lia & Mol.lia</i>	H	5a	4	0	K
<i>Cichorium intybus</i>	mezei katáng		+ -	euá-(med)	<i>Arrh.lia & Mol.lia</i>	H (Th)	7	5	4	GY
<i>Consolida regalis</i>	mezei szarkaláb	+ -		euá	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	4	GY
<i>Dipsacus laciniatus</i>	héjakút mácsonya	+ -		euá-(med)	<i>Plant.etea</i>	TH	7	8	4	GY
<i>Eryngium campestre</i>	ördögszekér		+ -	kont-(K-DK-eu)	<i>F.-Brometea</i>	H	7	2	4	TZ
<i>Festuca rupicola</i>	pusztai csenkesz	2	2	euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	E
<i>Fragaria vesca</i>	erdei szamóca	1	1	cirk	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	H	5	5	3	K
<i>Hieracium pilosella</i>	ezüstös hölgymál		1	eu-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5a	1	3	K
<i>Lactuca serriola</i>	keszeg saláta	+ -		euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	7	2	0	GY
<i>Linaria angustissima</i>	keskenylevelű gyűjtő- ványfű		+ -	szmed-pont- (köz-eu)	<i>F.lia val.</i>	H	6a	1	5	K
<i>Lotus corniculatus</i>	szarvas kerep	1	+ -	D-euá-(med-K- afr)	<i>Arrh.etea</i>	H	5a	4	0	TZ
<i>Medicago lupulina</i>	komlós lucerna		1	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	Th-TH	5	6	4	GY
<i>Myosotis stricta</i>	apró nefelejcs	1		euá-(med)	<i>F.lia val.</i>	Th	5k	2	0	TP

1. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Peucedanum alsaticum</i>	buglyos kocsord		+ -	köz-eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H	6k	3	4	K
<i>Plantago media</i>	régi útifű	2	1	euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	5	0	TZ
<i>Poa angustifolia</i>	karcsú perje		1	cirk	<i>F.-Brometea</i>	H	5	3	4	E
<i>Poa pratensis</i>	régi perje	3		kozm	<i>Arrh.etea</i>	H	5	6	0	K
<i>Ranunculus arvensis</i>	vetési boglárka	1	+ -	euá	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	4	GY
<i>Reseda lutea</i>	vadrezeda		+ -	del-euá-med	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH-H	5a	3	0	GY
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	vajszínű ördög szem	+ -	+ -	euá-kont	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	TZ
<i>Senecio erucifolius subsp. tenuifolius</i>	keskenylevelű aggófű		1	euá-(med)	<i>Ag.ion a.</i>	H				TZ
<i>Symphytum officinale</i>	fekete nádálytő	+ -		eu	<i>Mol.lia</i>	H	5a	8	0	K
<i>Thymus glabrescens subsp. glabrescens</i>	közönséges kakukkfű	2	2	pont-pann	<i>F.-Brometea</i>	Ch	5	2	3	K
<i>Trifolium pallidum</i>	halvány here	2		med		Th-TH				TZ
<i>Verbena officinalis</i>	közönséges vassfű		+ -	kozm	<i>Chen.etea</i>	Th-H	6	4	4	GY
<i>Veronica arvensis</i>	mezei veronika	1		euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th				GY
<i>Veronica prostrata</i>	lecsepült veronika		+ -	euá-(med)	<i>F.lia val.</i>	Ch	6k	2	4	TZ
<i>Vicia angustifolia</i>	vetési bükköny	1		euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	Th	5	3	4	GY

2. táblázatmelléklet. Pusztafüves lejtősztyeprét (Cleistogeni-Festucetum sulcatae)

Szint		Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK	
				1.	2.								
				négyzet									
1.	Cserje	<i>Amorpha fruticosa</i>	gyalogakác		1	adv	<i>Calys.lia</i>	M	0	3	3	G	
2.		<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag	+	-	köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K	
3.		<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya	1	+	-	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
4.		<i>Pyrus pyraister</i>	vadkörte	+	-	+	eu-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5	3	4	K
5.	Gyep	<i>Achillea pannonica</i>	magyar cickafark	1	+	-	K-köz-eu	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	K
6.		<i>Adonis vernalis</i>	tavaszi hérics	+	-	+	euá-kont	<i>F.lia val.</i>	H	6	3	5	V
7.		<i>Bothriochloa ischaemum</i>	fenyérűfű		+	-	D-euá	<i>F.-Brometea</i>	H	7	2	0	TZ
8.		<i>Carlina vulgaris</i>	közönséges bába- kalács	+	-		euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5a	2	4	TZ
9.		<i>Centaurea micranthos</i>	útszéli imola	+	-	+	eu-(med)	<i>F.lia vag. & val.</i>	TH-H	5k	2	4	TZ
10.		<i>Centaurea pannonica</i>	magyar imola	1			DK-eu	<i>Mol.lia & Arrh.lia</i>	H	5a	6	0	Z
11.		<i>Centaurea spinulosa</i>	töviskés imola	+	-		pann-K-balk	<i>F.lia val.</i>	H	5	2	4	K
12.		<i>Cleistogenes serotina</i>	kései perje	1	1		szmed-(köz- eu)	<i>Brom.lia</i>	G	6	1	4	E
13.		<i>Crepis tectorum</i>	hamvas zörgőűfű		+	-	euá	<i>Sec.etea</i>	TH-H	5k	1	0	GY
14.		<i>Eryngium campestre</i>	ördögsekér		+	-	kont	<i>F.-Brometea</i>	H	7	2	4	TZ
15.		<i>Festuca rupicola</i>	pusztai csenkesz	4	4		euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	E
16.		<i>Fragaria vesca</i>	erdei szamóca	1	+	-	cirk	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	H	5	5	3	K
17.		<i>Hypericum perforatum</i>	közönséges or- báncűfű	+	-	1	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5a	3	0	TZ

2. táblázatmelléklet folytatása

Szint		Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
				1.	2.							
				négyzet								
18.	Gyep	<i>Inula conyza</i>	erdei peremizs	+ -		szmed-(köz- eu)	<i>Q.etea p.p.</i>	H	5a	3	4	K
19.		<i>Linum hirsutum</i>	borzas len	+ -	+ -	pont-pann- balk	<i>F.ion rup. & vag.</i>	H	6k	2	4	V
20.		<i>Mentha pulegium</i>	csombormenta		+ -	euá	<i>Nanocyp.lia</i>	H	5a	8	5	TZ
21.		<i>Odontites rubra</i>	vörös fogfű	+ -		euá-(med)	<i>Mol.lia& Arrh.lia</i>	TH-H	5a	5	0	TZ
22.		<i>Peucedanum alsati- cum</i>	buglyos kocsord		+ -	köz-eu	<i>Q.etea p.p.</i>	H	6k	3	4	K
23.		<i>Salvia nemorosa</i>	ligeti zsálya	+ -	1	K-DK-eu	<i>Cyn.-F.ion</i>	H	6k	2	4	K
24.		<i>Sanguisorba minor</i>	csabaíre vérfű	+ -		eu-(med)	<i>Brom.lia</i>	H	5k	3	4	K
25.		<i>Scabiosa ochroleuca</i>	vajszínű ördögszem	+ -	1	euá-kont	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	TZ
26.		<i>Senecio jacobaea</i>	jakabnapj aggófű	1	+ -	euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	3	5	K
27.		<i>Silene vulgaris</i>	hólyagos habszekfű	+ -		euá-med	<i>Q.etea p.p.</i>	H (Ch)	5	3	4	K
28.		<i>Solidago virga-aurea</i>	közönséges arany- vessző	+ -	1	euá-(med)	<i>Pino-Q.lia</i>	H	4	4	3	K
29.		<i>Teucrium chamaedrys</i>	sarlós gamandor		1	szmed-(köz- eu)	<i>F.-Brometea & Q.etea p.p.</i>	Ch	6a	2	4	K
30.		<i>Thymus praecox</i>	korai kakukkfű	1	+ -	köz-eu	<i>Sesl.-F.ion</i>	Ch	6	1	5	K

3. táblázatt melléklet. Ruderális és magaskórós gyomtársulás (Galio-Urticetea)

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Acer pseudoplatanus</i>	hegyi juhar		+ -	köz-eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	MM	5a	6	3	K
<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag	+ -		köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya		+ -	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
<i>Populus alba</i>	fehér nyár	+ -	+ -	D-euá	<i>Alno-Padion</i>	MM-M	5a	6	4	E
<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa		+ -	eu-(med)	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
<i>Achillea millefolium</i>	közönséges cickafark		1	kozsm	<i>Arrh.etea</i>	H	5k	5	0	TZ
<i>Agrimonia eupatoria</i>	közönséges párlófű	+ -		eu-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5	3	3	TZ
<i>Agropyron repens</i>	közönséges tarackbúza	1		cirk	<i>F.-Brometea</i>	G	5	3	0	GY
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	ürömlevelű parlagfű	+ -	+ -	kozsm	<i>Chen.etea</i>	Th	0	5	4	GY
<i>Calystegia sepium</i>	sővényyszulák		+ -	kozsm	<i>Calys.ion</i>	H	5	9	4	K
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	pásztortáska		+ -	kozsm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	6k	5	0	GY
<i>Carduus acanthoides</i>	útszéli bogáncs		1	eu-(med)	<i>Chen.etea</i>	Th-TH	6a	3	0	GY
<i>Centaurea banatica</i>	bánsági imola	1	1	dac-pann	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5	5	3	K
<i>Centaurea jacea</i>	réti imola	+ -		euá-(D-eu)	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5a	6	0	TZ
<i>Chaerophyllum temulum</i>	bódító baraboly		+ -	eu-(med)	<i>All.ion</i>	Th-TH	5	5	4	K
<i>Chenopodium album</i>	fehér libatop	+ -		kozsm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th		5		GY
<i>Chrysanthemum vulgare</i>	giliszaűző varádics	+ -	+ -	euá-(med)	<i>Calys.lia</i>	H	5	7	0	K
<i>Cichorium intybus</i>	mezei katáng	+ -		euá-(med)	<i>Arrh.lia & Mol.lia</i>	H (Th)	7	5	4	GY

3. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Cirsium vulgare</i>	közönséges aszat	+	-	euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH	6	5	4	GY
<i>Convolvulus arvensis</i>	apró szulák	2	+	kozm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	H-G	0	3	4	GY
<i>Cruciata laevipes</i>	mezei keresztfü	2		D-euá-köz-eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5a	3	3	K
<i>Daucus carota</i>	murok	1		kozm	<i>Arrh.etea</i>	Th-TH	5a	2	5	TZ
<i>Diploxys muralis</i>	fali kányaszászsa		+	eu-szmed	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH-H	5	3	4	GY
<i>Equisetum arvense</i>	mezei zsurló	+	-	cirk	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	G	0	8	0	GY
<i>Erigeron canadensis</i>	betyárkóró		1	kozm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	0	4	0	GY
<i>Galium aparine</i>	ragadós galaj	2	1	cirk-(med)	<i>Calys.lia</i>	Th	6	7	4	GY
<i>Galium odoratum</i>	szagos müge	1		euá	<i>Fag.lia</i>	G	5a	5	3	K
<i>Glechoma hederacea</i>	kerek repkény	+	-	euá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	H (Ch)	5	7	0	K
<i>Hierochloë odorata</i>	illatos szentperje		1	cirk	<i>Q.etea p.p.</i>	G-H	4k	4	3	K
<i>Hypericum perforatum</i>	közönséges orbáncfü		+	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5a	3	0	TZ
<i>Lactuca serriola</i>	keszeg saláta	+	-	euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	7	2	0	GY
<i>Lotus corniculatus var. villosus</i>	szarvas kerep	1	1	D-euá-(med-K-afr)	<i>Arrh.etea</i>	H	5a	4	0	TZ
<i>Mentha longifolia</i>	lómenta	1		euá-(med)	<i>Glyc.-Spar.i-on?</i>	H (G)	5a	9	4	K
<i>Onopordum acanthium</i>	szamárbogáncs	+	-	euá-(med)	<i>Onop.lia</i>	TH				GY
<i>Picris hieracioides</i>	keserűgyökér	+	-	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5a	2	4	GY
<i>Poa pratensis</i>	réti perje	3	3	kozm	<i>Arrh.etea</i>	H	5	6	0	K

3. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Rumex crispus</i>	fodros sóska		1	kozm	<i>Plant.lia</i>	H	5a	5	0	TZ
<i>Sambucus ebulus</i>	gyalogbodza	1		szmed-D-euá	<i>Chen.etea</i>	H	5a	5	3	GY
<i>Saponaria officinalis</i>	szappanfű	+ -		euá-(med)	<i>Calys.lia</i>	H	5a	4	0	TZ
<i>Sinapis arvensis</i>	vadrepce	+ -		kozm	<i>Sec.etea</i>	Th				GY
<i>Solidago gigantea</i>	magas aranyvessző	1	2	adv	<i>Calys.lia</i>	H	0	8	4	K
<i>Sonchus arvensis</i>	mezei csorbóka	+ -		kozm	<i>Chen.etea</i> & <i>Sec.etea</i>	H	0	5	0	GY
<i>Stenactis annua subsp. annua</i>	egynyári seprence	+ -		adv	<i>Calys.lia</i>	Th	0	8	4	TZ
<i>Symphytum officinale</i>	fekete nadálytő	+ -		eu	<i>Mol.lia</i>	H	5a	8	0	K
<i>Taraxacum officinale</i>	gyermekláncfű		+ -	euá-(med)	<i>Mol.-Juncetea</i> & <i>Arrh.etea</i>	H	0	5	0	GY
<i>Trifolium repens</i>	fehér lóhere		1	kozm	<i>Mol.-Juncetea</i> & <i>Arrh.etea</i>	H	5a	5	0	TZ
<i>Tussilago farfara</i>	martilapu	+ -		euá-(med)	<i>Art.lia</i>	G (H)	5	5	4	TZ
<i>Urtica dioica</i>	nagy csalán	3		kozm	<i>Calys.lia</i>	H	5	5	4	TZ (K)
<i>Veronica chamaedrys</i>	ösztrűs veronika		+ -	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea</i> c <i>Q.etea</i> p.p.	H-Ch	5a	4	4	TZ
<i>Veronica longifolia</i>	hosszúlevelű veronika		+ -	euá	<i>Ag.ion a.</i>	H	5	8	4	K
<i>Vicia angustifolia</i>	vetési bükköny	2		euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	Th	5	3	4	GY

4. táblázatmelléklet. Középhegységi cseres-tölgyes (*Quercetum petraeae-cerris*)

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Acer pseudoplatanus</i>	hegyi juhar	1	2	köz-eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	MM	5a	6	3	K
<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán	+	-	köz-eu	<i>Carp.ion</i>	MM-M	5a	5	3	E
<i>Fraxinus ornus</i>	virágos kőris	+	-	K-med-DK-eu	<i>Orno-Cot.lia</i>	MM				
<i>Pinus nigra</i>	feketefenyő	+	-	med	<i>Erico-Pinetea</i>	MM		2		G
<i>Quercus cerris</i>	cserfa	2	2	DK-eu-kisá	<i>Q.lia pub. & Pino-Q.lia</i>	MM-M	5a	3	3	E
<i>Quercus petraea</i>	kocsánytalan tölgy		+	köz-eu-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM-M	5a	4	0	E
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	akác	+	-	adv	<i>Bromo st.-Rob. Chf</i>	MM	5	3	4	GY
<i>Sorbus torminalis</i>	barkócafa	+	-	köz-eu-szmed-eá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Tilia tomentosa</i>	ezüst hárs	+	-	balk-pann	<i>Fagion ill.</i>	MM	6	4	3	K
<i>Acer campestre</i>	mezei juhar		+	eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Acer tataricum</i>	tatárjuhar	+	-	pont-pann-balk-kauk	<i>Ac.-Q.ion</i>	MM	6k	4	4	K
<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag		1	köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	N-E	5a	5	3	K
<i>Cornus mas</i>	húsos som	+	+	DK-(köz)-eu pont	<i>Q.etea p. p.</i>	MM	6a	3	5	V
<i>Corylus avellana</i>	közönséges mogyoró		+	eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	5	3	K
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya	+	+	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
<i>Euonymus europaeus</i>	csíkos kecskerágó	+	+	eu-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	M	5a	5	3	K
<i>Hedera helix</i>	borostyán	+	-	atl-med	<i>Fag.lia</i>	E-M	5a	5	3	K
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal		1	eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	4	3	E
<i>Quercus cerris</i>	cserfa	+	+	DK-eu-kisá	<i>Q.lia pub. & Pino-Q.lia</i>	MM-M	5a	3	3	E

4. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Sambucus nigra</i>	fekete bodza	1	1	eu-(med)	<i>Samb.lia</i>	MM-M	5a	5	3	GY
<i>Sorbus torminalis</i>	barkócafa	+	-	köz-eu-szmed-eá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Aegopodium podagraria</i>	podagrafű		+	euá	<i>Fag.lia</i>	H (G)	5	7	3	V
<i>Betonica officinalis</i>	bakfű		+	euá-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5	0	3	K
<i>Carex divulsa</i>	zöldes sás	2	+	D-euá	<i>Q.-Fagetea</i>	H	5a	4	0	K
<i>Carex spicata</i>	sulymos sás	+	-	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	6	6	4	K
<i>Chaerophyllum temulum</i>	bódító baraboly	1	+	eu-(med)	<i>All.ion</i>	Th-TH	5	5	4	K
<i>Chelidonium majus</i>	vérehulló fecskefű	+	-	euá-(med)	<i>All.ion</i>	H-N	5k	4	5	GY
<i>Cleistogenes serotina</i>	kései perje		1	szmed	<i>Brom.lia</i>	G	6	1	4	E
<i>Clinopodium vulgare</i>	borsfű		+	cirk-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H				K
<i>Cruciata laevipes</i>	mezei keresztfű	+	-	D-euá-köz-eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5a	3	3	K
<i>Dryopteris filix-mas</i>	erdei pajzsika	+	-	kozsm	<i>Q.-Fagetea</i>	H	4	5	0	K
<i>Euphorbia polychroma</i>	színeváltó kutyatej	+	-	D-K-eu-(pann-balk)	<i>Q.etea p. p.</i>	H	6	3	5	K
<i>Festuca heterophylla</i>	felemáslevelű csenkesz		2	köz-eu	<i>Q. p.c. chf</i>	H	5a	4	3	K
<i>Galeobdolon luteum</i>	sárga árvacsalán	+	+	köz-eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H (Ch)	5a	6	4	K
<i>Galium aparine</i>	ragadós galaj	+	-	cirk-(med)	<i>Calys.lia</i>	Th-TH	6	7	4	GY
<i>Galium schultesii</i>	fénytelen galaj	+	1	köz-eu -(szarm)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	G	5a	4	3	K
<i>Geranium robertianum</i>	nehézszagú gólyaorr	+	-	kozsm	<i>Q.-Fagetea</i>	Th-TH	5	6	3	K
<i>Heracleum sphondylium</i>	medvetalp		+	eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H				K
<i>Lamium maculatum</i>	foltos árvacsalán		+	eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H (Ch)	5a	6	4	TZ

4. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Lathyrus niger</i>	fekete lednek	+ -	+ -	köz-eu-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	H	5a	4	3	K
<i>Melica uniflora</i>	egyvirágú gyöngyperje	1	1	köz-eu-med	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H-G	5a	4	4	K
<i>Nepeta cataria</i>	illatos macskamenta		+ -	euá-(med)	<i>Chen.etea</i>	H (Ch)				GY
<i>Poa nemoralis</i>	ligeti perje	1	1	euá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5	4	3	TZ
<i>Polygonatum odoratum</i>	soktérű salamonpecsét		+ -	euá-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	G	5	3	4	K
<i>Pulmonaria officinalis</i>	orvosi tüdőfű	+ -		köz-eu	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
<i>Ranunculus auricomus</i>	változó boglárka	1		euá	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
<i>Stachys sylvatica</i>	erdei tisztesfű	+ -		euá	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
<i>Stellaria holostea</i>	olocsán csillaghúr	1		euá	<i>Alno-Padion</i>	H	5a	5	3	K
<i>Urtica dioica</i>	nagy csalán	1	1	kozsm	<i>Calys.lia</i>	H	5	5	4	TZ (K)
<i>Veronica chamaedrys</i>	ösztrős veronika	+ -	+ -	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H-Ch	5a	4	4	TZ
<i>Vicia cassubica</i>	vitéz bükköny	+ -		eu-(med)	<i>Q. p.c. chf</i>	H	5k	4	3	K

5. táblázatmelléklet. *Zamatos turbolyás akác* (*Anthriscus cerefolii*-*Robinietum*)

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Acer campestre</i>	mezei juhar	2		eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Juglans regia</i>	közönséges dió	2	3	DK-eu-eá-kauk		MM	5	6		G
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	akác	4	3	adv	<i>Bromo st.-Rob. Chf</i>	MM	5	3	4	GY
<i>Acer campestre</i>	mezei juhar		+ -	eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Acer tataricum</i>	tatárjuhar	+ -		pont-pann-balk-kauk	<i>Ac.-Q.ion</i>	MM		4	4	K
<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag		+ -	köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
<i>Cornus mas</i>	húsos som		+ -	DK-(köz)-eu pont	<i>Q.etea p. p.</i>	MM	6a	3	5	V
<i>Cornus sanguinea</i>	veresgyűrű som	+ -		szmed-(köz-eu)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya	1	+ -	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
<i>Cydonia oblonga</i>	birs		+ -							
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal	+ -	+ -	eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	4	3	E
<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa	+ -		eu-(med)	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
<i>Rubus fruticosus</i>	vad szeder	1		szatl-köz-eu		H-N				TZ
<i>Sambucus nigra</i>	fekete bodza	2	1	eu-(med)	<i>Samb.lia</i>	MM-M	5a	5	3	GY
<i>Allium scorodoprasum</i>	kígyóhagyma	+ -	+ -	köz-eu	<i>F.lia val.</i>	G	5a	3	4	TZ
<i>Anthriscus cerefolium</i>	zamatos turbolya	3	3	DK-eu-köz-á	<i>All.ion</i>	Th	6	5	3	TZ
<i>Bilderdykia convolvulus</i>	szulákkeserűfű	1		euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th	5	4	4	GY
<i>Bromus rigidus</i>	óriás rozsok	+ -	2	med	<i>F.ion rup.</i>	Th	7	2	5	A
<i>Bromus sterilis</i>	meddő rozsok		+ -	euá-(med)	<i>Chen.etea</i>	Th	7	2	4	GY
<i>Caucalis latifolia</i>	nagy ördögbockor	+ -		D-euá-(köz-eu)	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	5	GY

5. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Chelidonium majus</i>	vérehulló fecskefű	1		euá-(med)	<i>All.ion</i>	H-N	5k	4	5	GY
<i>Chenopodium album</i>	fehér libatop	+ -		koz-m	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th		5		GY
<i>Chrysanthemum vulgare</i>	giliszaűző varádics		+ -	euá-(med)	<i>Calys.lia</i>	H	5	7	0	K
<i>Convolvulus arvensis</i>	apró szulák	1		koz-m	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	H-G	0	3	4	GY
<i>Dactylis glomerata</i>	csomós ebír		+ -	koz-m	<i>Arrh.etea</i>	H	5a	6	4	TZ
<i>Ficaria verna</i>	salátaboglárka		1	eu-NY-á	<i>Q.-Fagetea</i>	H-G	5a	5	3	K
<i>Galium aparine</i>	ragadós galaj	3	1	cirk-(med)	<i>Calys.lia</i>	Th	6	7	4	GY
<i>Galium mollugo</i>	közönséges galaj		+ -	cirk-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5a	2	4	K
<i>Malva neglecta</i>	papsajtmályva	+ -		D-köz-euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	6	4	0	GY
<i>Muscari comosum</i>	üstökös gyöngyike		+ -	szmed-köz-eu	<i>F.-Brometea</i>	G	6a	2	0	TZ
<i>Mycelis muralis</i>	kakicsvirág	+ -		euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5a	5	3	K
<i>Ornithogalum boucheanum</i>	kónya madártej	+ -	+ -	D-K-eu		G		3		GY
<i>Phytolacca americana</i>	alkörmös	+ -		adv	<i>All.ion?</i>	H	5	4	0	G
<i>Pulmonaria officinalis</i>	pettyegetett tüdőfű		+ -	köz-eu	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
<i>Ranunculus acris</i>	réti boglárka		+ -	euá-(med)	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5	7	0	TZ
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	gyapjas boglárka	+ -		köz-D-eu	<i>Fag.lia</i>	H	5a	7	4	K
<i>Ranunculus sardous</i>	buborcsboglarika	+ -		D-euá	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	Th-(H)	5	8	4	GY
<i>Salvia glutinosa</i>	enyves zsálya	+ -	+ -	eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H	5	6	4	K

5. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno- szisztematikai besorolás	Élet- forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Sinapis arvensis</i>	vadrepce		+ -	kozm	<i>Sec.etea</i>	Th				GY
<i>Stachys sylvatica</i>	erdei tisztesfű	+ -		euá-(med)	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
<i>Stellaria holostea</i>	olocsáncsillaghúr	+ -		euá	<i>Alno-Padion</i>	H	5a	5	3	K
<i>Stenactis annua subsp. annua</i>	egynyári seprence	+ -	+ -	adv	<i>Calys.lia</i>	Th	0	8	4	TZ
<i>Symphytum officinale</i>	fekete nadálytő		+ -	eu	<i>Mol.lia</i>	H	5a	8	0	K
<i>Torilis japonica</i>	bojtorjános tüskemag		+ -	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	Th-TH	5	3	0	TZ
<i>Tussilago farfara</i>	martilapu	+ -		euá-(med)	<i>Art.lia</i>	G (H)	5	5	4	TZ
<i>Urtica dioica</i>	nagy csalán	1	1	kozm	<i>Calys.lia</i>	H	5	5	4	TZ (K)
<i>Veronica chamaedrys</i>	ösztörűs veronika		+ -	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H-Ch	5a	4	4	TZ

6. táblázatmelléklet. Galagonya-kökény cserjés (*Pruno spinosae-Crataegetum*)

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán	1		köz-eu	<i>Carp.ion</i>	MM-M	5a	5	3	E
<i>Fraxinus ornus</i>	virágos kőris		1	K-med-DK-eu	<i>Orno-Cot.lia</i>	MM	6	2	4	E
<i>Juglans regia</i>	közönséges dió		1	DK-eu-eá-kauk		MM	5	6		G
<i>Prunus cerasifera</i>	cseresznyeszilva	1								
<i>Amorpha fruticosa</i>	gyalogakác		+ -	adv	<i>Calys.lia</i>	M	0	3	3	G
<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán	+ -		köz-eu	<i>Carp.ion</i>	MM-M	5a	5	3	E
<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag	1	+ -	köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
<i>Cornus sanguinea</i>	veresgyűrű som	+ -	+ -	szmed-(köz-eu)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya	2	2	eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal		1	eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	4	3	E
<i>Prunus spinosa</i>	kökény	2	2	eu-med-eá	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
<i>Pyrus pyraeaster</i>	vackor	+ -		eu-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5	3	4	K
<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa	1	+ -	eu-(med)	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
<i>Rubus fruticosus</i>	vad szeder	1	+ -	szatl-köz-eu		H-N				TZ
<i>Agropyron repens</i>	közönséges tarack-búza	+ -	+ -	cirk	<i>F.-Brometea</i>	G	5	3	0	GY
<i>Allium scorodoprasum</i>	kígyóhagyma	+ -		köz-eu	<i>Flia val.</i>	G	5a	3	4	TZ
<i>Artemisia vulgaris</i>	fekete üröm	+ -		cirk-(med)	<i>Chen.etea</i>	H (Ch)	5	4	0	GY
<i>Asclepias syriaca</i>	selyemkóró	1		adv	<i>Epil.lia?</i>	H	5	3	4	GY
<i>Betonica officinalis</i>	bakfű	+ -		euá-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5	0	3	K
<i>Clinopodium vulgare</i>	borsfű	1		cirk-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H				K

6. táblázatmelléklet folytatása

Latin név	Magyar név	A-D érték		Flóraelem	Cöno-szisztematikai besorolás	Élet-forma	T	W	R	TVK
		1.	2.							
		négyzet								
<i>Consolida regalis</i>	mezei szarkaláb		+ -	euá	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	4	GY
<i>Coronilla varia</i>	tarka koronafürt		+ -	köz-eu-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	3	4	K
<i>Festuca rupicola</i>	pusztai csenkesz	1	+ -	euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	E
<i>Linaria angustissima</i>	keskenylevelű gyújtóványfű	+ -	+ -	szmed-pont-(köz-eu)	<i>F.lia val.</i>	H	6a	1	5	K
<i>Matricaria maritima subsp. inodora</i>	ebszékfű		+ -	euá	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH-H	5	6	4	GY
<i>Plantago media</i>	réti útifű	1	+ -	euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	5	0	TZ
<i>Poa pratensis</i>	réti perje	+ -		kozsm	<i>Arrh.etea</i>	H	5	6	0	K
<i>Salvia nemorosa</i>	ligeti zsálya	1	+ -	K-DK-eu	<i>Cyn.-F.ion</i>	H	6k	2	4	K
<i>Senecio jacobaea</i>	jakabnapi aggófű	+ -		euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	3	5	K

7a. táblázatmelléklet. Összesített fajlista

Szint	Latin név	Magyar név	Lősz- pusztarét		Lejtő- sztyeprét		Gyom- társulás		Cseres- tölgyes		Akác		Cserjés	
			1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
1.	<i>Acer campestre</i>	mezei juhar									2			
2.	<i>Acer pseudopla- tanus</i>	hegyi juhar							1	2				
3.	<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán							+	-			1	
4.	<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag												
5.	<i>Corylus avellana</i>	közönséges mogyoró												
6.	<i>Crataegus mo- nogyna</i>	egyibibés gala- gonya												
7.	<i>Fraxinus ornus</i>	virágos kőris							+	-				1
8.	<i>Juglans regia</i>	közönséges dió									2	3		1
9.	<i>Populus alba</i>	fehér nyár												
10.	<i>Pinus nigra</i>	feketefenyő							+	-				
11.	<i>Prunus cerasifera</i>	cseresznyeszilva											1	
12.	<i>Pyrus pyra- ster</i>	vackor												
13.	<i>Quercus cerris</i>	cserfa							2	2				
14.	<i>Quercus petraea</i>	kocsánytalan tölgy								+	-			
15.	<i>Robinia pseudo- acacia</i>	akác							+	-	4	3		
16.	<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa												
17.	<i>Sorbus torminalis</i>	barkócafa							+	-				
18.	<i>Tilia tomentosa</i>	ezüst hárs							+	-				
19.	<i>Acer campestre</i>	mezei juhar	+	-						+		+		
20.	<i>Acer tataricum</i>	tatárjuhar	+	-					+	-	+			
21.	<i>Amorpha fruticosa</i>	gyalogakác				1								+
22.	<i>Carpinus betulus</i>	közönséges gyertyán	+	-									+	-
23.	<i>Clematis vitalba</i>	erdei iszalag	1	2	+	-	+	-		1		+	1	+
24.	<i>Cornus mas</i>	húsos som		+	-				+	+		+		
25.	<i>Cornus sanguinea</i>	veresgyűrű som									+	-	+	+
26.	<i>Corylus avellana</i>	közönséges mogyoró								+				
27.	<i>Crataegus mo- nogyna</i>	egyibibés gala- gonya	1	1	1	+		+	+	+	1	+	2	2
28.	<i>Cydonia oblonga</i>	birs										+		
29.	<i>Euonymus europaeus</i>	csíkos kecske- rágó							+	+				
30.	<i>Hedera helix</i>	borostyán							+	-				
31.	<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal		+	-					1	+	+		1
32.	<i>Populus alba</i>	fehér nyár					+	+						
33.	<i>Prunus spinosa</i>	kökény											2	2
34.	<i>Pyrus pyra- ster</i>	vadkörte	+	-		+	+						+	-

7a. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Latin név	Magyar név	Lősz- pusztarét		Lejtő- sztyeprét		Gyom- társulás		Cseres- tölgyes		Akác		Cserjés	
			1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
35.	<i>Quercus cerris</i>	cserfa							+	+				
36.	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	akác		1										
37.	<i>Rosa canina</i>	gyepűrózsa	2	1				+			+		1	+
38.	<i>Rubus fruticosus</i>	vad szeder		+							1		1	+
39.	<i>Sambucus nigra</i>	fekete bodza							1	1	2	1		
40.	<i>Sorbus torminalis</i>	barkócafa							+					
41.	<i>Achillea mille-folium</i>	közönséges cickafark						1						
42.	<i>Achillea pan-nonica</i>	magyar cickafark	3	1	1	+								
43.	<i>Adonis vernalis</i>	tavaszi hérics			+	+								
44.	<i>Aegopodium podagraria</i>	podagrafű								+				
45.	<i>Agrimonia eupatoria</i>	közönséges párlófű						+						
46.	<i>Agropyron repens</i>	közönséges tarackbúza	1					1					+	+
47.	<i>Allium scorodop-rasum</i>	kigyóhagyma									+	+	+	
48.	<i>Ambrosia artemi-siifolia</i>	ürömlevelű parlagfű		+				+	+					
49.	<i>Anthriscus cerefolium</i>	zamatós turbolya									3	3		
50.	<i>Anthyllis vulneraria subsp. polyphylla</i>	magyar nyúlspa-puka	+	2										
51.	<i>Arabis hirsuta</i>	borzas daravirág	+											
52.	<i>Artemisia vulgaris</i>	fekete üröm											+	
53.	<i>Asclepias syriaca</i>	selyemkóró	+										1	
54.	<i>Asperula cynan-chica</i>	ebfojtó müge		1										
55.	<i>Betonica officinalis</i>	bakfű								+			+	
56.	<i>Bilderdykia convolvulus</i>	szulákkesperűfű									1			
57.	<i>Bothriochloa ischa-emum</i>	fenyérűfű				+								
58.	<i>Bromus inermis</i>	árva rozsнок		2										
59.	<i>Bromus rigidus</i>	óriás rozsнок									+	2		
60.	<i>Bromus sterilis</i>	meddő rozsнок										+		
61.	<i>Calystegia sepium</i>	sövényszulák						+						
62.	<i>Campanula sibirica</i>	pongyola harangvirág	+											
63.	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	pásztortáska						+						
64.	<i>Carduus acant-hoides</i>	útszéli bogáncs						1						

7a. táblázatmelléklet folytatása

Szing	Latin név	Magyar név	Lősz-		Lejtő-		Gyom-		Cseres-		Akác		Cserjés	
			1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
65.	<i>Carex divulsa</i>	zöldes sás							2	+	-			
66.	<i>Carex spicata</i>	sulymos sás							+	-				
67.	<i>Carlina vulgaris</i>	közönséges bábakalács		+	-	+	-							
68.	<i>Caucalis latifolia</i>	nagy ördög-bocskor									+	-		
69.	<i>Centaurea banatica</i>	bánsági imola					1	1						
70.	<i>Centaurea jacea</i>	réti imola					+	-						
71.	<i>Centaurea micranthos</i>	útszéli imola		1	+	-	+	-						
72.	<i>Centaurea pan-nonica</i>	magyar imola			1									
73.	<i>Centaurea sad-leriana</i>	sadler-imola	1											
74.	<i>Centaurea spinulosa</i>	töviskés imola			+	-								
75.	<i>Centaurea triumfettii</i>	tarka imola	+	-										
76.	<i>Chaerophyllum temulum</i>	bóditó baraboly					+	-	1	+	-			
77.	<i>Chelidonium majus</i>	vérehulló fecskefű							+	-	1			
78.	<i>Chenopodium album</i>	fehér libatop					+	-			+	-		
79.	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	réti margitvirág	+	-	1									
80.	<i>Chrysanthemum vulgare</i>	gilisztaűző varádics					+	-	+	-		+	-	
81.	<i>Cichorium intybus</i>	mezei katáng		+	-		+	-						
82.	<i>Cirsium vulgare</i>	közönséges aszat					+	-						
83.	<i>Cleistogenes serotina</i>	késeiperje			1	1				1				
84.	<i>Clinopodium vulgare</i>	borsfű							+	-			1	
85.	<i>Consolida regalis</i>	mezei szarkaláb	+	-										+
86.	<i>Convolvulus arvensis</i>	apró szulák					2	+	-		1			
87.	<i>Coronilla varia</i>	tarka koronafürt												+
88.	<i>Crepis tectorum</i>	hamvas zörgőfű				+	-							
89.	<i>Cruciata laevipes</i>	mezei keresztfű					2		+	-				
90.	<i>Dactylis glomerata</i>	csomós ebír									+	-		
91.	<i>Daucus carota</i>	murok					1							
92.	<i>Diplotaxis muralis</i>	fali kányaszászsa						+	-					
93.	<i>Dipsacus laciniatus</i>	héjakút má-csonya	+	-										

7a. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Latin név	Magyar név	Lősz- pusztaréti		Lejtő- sztyepréti		Gyom- társulás		Cseres- tölgyes		Akác		Cserjés	
			1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
94.	<i>Dryopteris filix-mas</i>	erdei pajzsika								+	-			
95.	<i>Equisetum arvense</i>	mezei zsurló						+	-					
96.	<i>Erigeron canadensis</i>	betyárkóró							1					
97.	<i>Eryngium campestre</i>	ördögsekér		+	-		+	-						
98.	<i>Euphorbia polychroma</i>	színeváltó kutyatej								+	-			
99.	<i>Festuca heterophylla</i>	felemáslevelű csenkesz									2			
100.	<i>Festuca rupicola</i>	pusztai csenkesz	2	2	4	4							1	+
101.	<i>Ficaria verna</i>	salátaboglárka	1	1								1		
102.	<i>Fragaria vesca</i>	erdei szamóca			1	+	-							
103.	<i>Galeobdolon luteum</i>	sárga árvacsalán								+	-	+	-	
104.	<i>Galium aparine</i>	ragadós galaj						1	+	-	+	-	3	1
105.	<i>Galium mollugo</i>	közönséges galaj											+	-
106.	<i>Galium odoratum</i>	szagos müge						2						
107.	<i>Galium schultesii</i>	fénytelen galaj								+	-	1		
108.	<i>Geranium robertianum</i>	nehézszagú gölyaorr								+	-			
109.	<i>Glechoma hederacea</i>	kerek repkény						+	-					
110.	<i>Heracleum sphondylium</i>	medvetalp									+	-		
111.	<i>Hieracium pilosella</i>	ezüstös hölgymál		1										
112.	<i>Hierochloë odorata</i>	illatos szentperje							1					
113.	<i>Hypericum perforatum</i>	közönséges orbáncfű			+	-	1		+	-				
114.	<i>Inula conyza</i>	erdei peremizs			+	-								
115.	<i>Lactuca serriola</i>	keszeg saláta	+	-				+	-					
116.	<i>Lamium maculatum</i>	foltos árvacsalán									+	-		
117.	<i>Lathyrus niger</i>	fekete lednek								+	-	+	-	
118.	<i>Linaria angustissima</i>	keskenylevelű gyűjtőványfű		+	-								+	+
119.	<i>Linum hirsutum</i>	borzas len			+	-	+	-						
120.	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>Villosus</i>	szarvas kerep	1	+	-			1	1					
121.	<i>Malva neglecta</i>	papsajtmályva										+	-	
122.	<i>Matricaria maritima</i> subsp. <i>Inodora</i>	ebszékfű												+

7a. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Latin név	Magyar név	Lősz- pusztarét		Lejtő- sztyeprét	Gyom- társulás		Cseres- tölgyes		Akácós		Cserjés				
			1.	2.		1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.			
123.	<i>Medicago lupulina</i>	komlós lucerna		1												
124.	<i>Melica uniflora</i>	egyvirágú gyöngyperje						1	1							
125.	<i>Mentha longifolia</i>	lómenta					1									
126.	<i>Mentha pulegium</i>	csombormenta				+	-									
127.	<i>Muscari comosum</i>	üstökös gyön- gyike									+	-				
128.	<i>Mycelis muralis</i>	kakicsvirág									+	-				
129.	<i>Myosotis stricta</i>	apró nefelejcs	1													
130.	<i>Nepeta cataria</i>	illatos macska- menta							+	-						
131.	<i>Odontites rubra</i>	vörös fogfű	+	-	+	-										
132.	<i>Onopordum acanthium</i>	szamárbogáncs					+	-	1							
133.	<i>Ornithogalum boucheanum</i>	kónya madártej									+	-	+	-		
134.	<i>Peucedanum alsaticum</i>	buglyos kocsord		+	-		+	-								
135.	<i>Phytolacca americana</i>	alkörmös									+	-				
136.	<i>Picris hieracioides</i>	késérűgyökér					+	-								
137.	<i>Plantago media</i>	réti útifű	2	1									1	+	-	
138.	<i>Poa angustifolia</i>	karcsú perje		1												
139.	<i>Poa nemoralis</i>	ligeti perje							1	1						
140.	<i>Poa pratensis</i>	réti perje	3				3	3					+	-		
141.	<i>Polygonatum odoratum</i>	soktérdű sala- monpecsét								+	-					
142.	<i>Pulmonaria officinalis</i>	orvosi tüdőfű							+	-		+	-			
143.	<i>Ranunculus acris</i>	réti boglárka										+	-			
144.	<i>Ranunculus arvensis</i>	vetési boglárka	1	+	-											
145.	<i>Ranunculus auricomus</i>	változó boglárka							1							
146.	<i>Ranunculus lanuginosus</i>	gyapjas boglárka										+	-			
147.	<i>Ranunculus sardous</i>	buborcs- boglárka										+	-			
148.	<i>Reseda lutea</i>	vadrezeda		+	-											
149.	<i>Rumex crispus</i>	fodros sóska						1								
150.	<i>Salvia glutinosa</i>	enyves zsálya										+	-	+	-	
151.	<i>Salvia nemorosa</i>	ligeti zsálya			+	-	1							1	+	-
152.	<i>Sambucus ebulus</i>	gyalogbodza						1								
153.	<i>Sanguisorba minor</i>	csabaíre vérfű			+	-										
154.	<i>Saponaria offi- cinalis</i>	szappanfű						+	-							

7a. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Latin név	Magyar név	Lősz-		Lejtő-	Gyom-		Cseres-		Akác		Cserjés	
			1.	2.		1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
155.	<i>Scabiosa ochroleuca</i>	vajsziñű ördög-szem	+	-	+	-	1						
156.	<i>Senecio erucifolius</i> subsp. <i>tenuifolius</i>	keskenylevelű aggófű		1									
157.	<i>Senecio jacobaea</i>	jakabnapj aggófű			1	+	-					+	-
158.	<i>Silene vulgaris</i>	hólyagos hab-szekfű			+	-							
159.	<i>Sinapis arvensis</i>	vadrepce					+	-				+	-
160.	<i>Solidago gigantea</i>	magas arany-vessző					1	2					
161.	<i>Solidago virgaurea</i>	közönséges aranyvessző			+	-	1						
162.	<i>Sonchus arvensis</i>	mezei csorbóka					+	-					
163.	<i>Stachys sylvatica</i>	erdei tisztésfű							+	-		+	-
164.	<i>Stellaria holostea</i>	olocsán-csillaghúr							1			+	-
165.	<i>Stenactis annua</i> subsp. <i>annua</i>	egynyári seprence					+	-				+	-
166.	<i>Symphytum officinale</i>	fekete nadálytő	+	-			+	-				+	-
167.	<i>Taraxacum officinale</i>	gyermekláncfű						+	-				
168.	<i>Teucrium chamaedrys</i>	sarlós gamandor				1							
169.	<i>Thymus glabrescens</i> subsp. <i>glabrescens</i>	közönséges kakukkfű	2	2									
170.	<i>Thymus praecox</i>	korai kakukkfű			1	+	-						
171.	<i>Torilis japonica</i>	bojtorjános tüskemag										+	-
172.	<i>Trifolium pallidum</i>	halvány here	2										
173.	<i>Trifolium repens</i>	fehér lóhere					1						
174.	<i>Tussilago farfara</i>	martilapu					+	-				+	-
175.	<i>Urtica dioica</i>	nagy csalán					3		1	1		1	1
176.	<i>Verbena officinalis</i>	közönséges vafű		+	-								
177.	<i>Veronica arvensis</i>	mezei veronika	1										
178.	<i>Veronica chamaedrys</i>	ösztrös veronika					+	-	+	-		+	-
179.	<i>Veronica longifolia</i>	hosszúlevelű veronika					+	-					
180.	<i>Veronica prostrata</i>	lecsepült veronika		+	-								
181.	<i>Vicia angustifolia</i>	vetési bükköny	1				2						
182.	<i>Vicia cassubica</i>	vitéz bükköny											

7b. táblázatmelléklet. Összesített fajlista

Szint		Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Életforma	T	W	R	TVK
1.	Lombkorona	eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4	K
2.		köz-eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	MM	5a	6	3	K
3.		köz-eu	<i>Carp.ion</i>	MM-M	5a	5	3	E
4.		köz-eu szmed	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
5.		eu	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5a	5	3	K
6.		eu-eá-(med)	<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
7.		K-med-DK-eu	<i>Orno-Cot.lia</i>	MM	6	2	4	E
8.		DK-eu-eá-kauk		MM	5	6		G
9.		D-euá	<i>Alno-Padion</i>	MM-M	5a	6	4	E
10.		med	<i>Erico-Pinetea</i>	MM		2		G
12.		eu-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5	3	4	K
13.		D-K-eu-kisá	<i>Q.lia pub. & Pino-Q.lia</i>	MM-M	5a	3	3	E
14.		köz-eu-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM-M	5a	4	0	E
15.		adv	<i>Bromo st.-Rob. Chf</i>	MM	5	3	4	GY
16.		eu-(med)	<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
17.		köz-eu-szmed-eá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
18.		balk-pann	<i>Fagion ill.</i>	MM	6	4	3	K
19.		Cserje	eu-(köz-D-eu)	<i>Q.-Fagetea</i>	MM	5a	4	4
20.	pont-pann-balk-kauk		<i>Ac.-Q.ion</i>	MM	6k	4	4	K
21.	adv		<i>Calys.lia</i>	M	0	3	3	G
22.	köz-eu		<i>Carp.ion</i>	MM-M	5a	5	3	E
23.	köz-eu szmed		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	N-E	5a	5	3	K
24.	DK-(köz)-eu pont		<i>Q.etea p. p.</i>	MM	6a	3	5	V
25.	szmed-(köz-eu)		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
26.	eu		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5a	5	3	K
27.	eu-eá-(med)		<i>Prunion s.</i>	M	5a	7	4	K
29.	eu-(med)		<i>Q.-Fagetea</i>	M	5a	5	3	K
30.	atl-med		<i>Fag.lia</i>	E-M	5a	5	3	K
31.	eu		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	M	5a	4	3	E
32.	D-euá		<i>Alno-Padion</i>	MM-M	5a	6	4	E
33.	eu-med-eá		<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
34.	eu-(med)		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	M	5	3	4	K
35.	DK-eu-kisá		<i>Q.lia pub. & Pino-Q.lia</i>	MM-M	5a	3	3	E
36.	adv		<i>Bromo st.-Rob. Chf</i>	MM	5	3	4	GY
37.	eu-(med)		<i>Prun.lia</i>	M	5a	3	3	TZ
38.	szatl-köz-eu			H-N				TZ
39.	eu-(med)		<i>Samb.lia</i>	MM-M	5a	5	3	GY
40.	köz-eu-szmed-eá		<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	MM	5a	4	4	K
41.	Gyep	kozsm	<i>Arrh.etea</i>	H	5k	5	0	TZ
42.		K-köz-eu	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	K

7b. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Életforma	T	W	R	TVK
43.	euá-kont	<i>F.lia val.</i>	H	6	3	5	V
44.	euá	<i>Fag.lia</i>	H (G)	5	7	3	V
45.	eu-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5	3	3	TZ
46.	círk	<i>F.-Brometea</i>	G	5	3	0	GY
47.	köz-eu	<i>F.lia val.</i>	G	5a	3	4	TZ
48.	kozm	<i>Chen.etea</i>	Th	0	5	4	GY
49.	DK-eu-köz-á	<i>All.ion</i>	Th	6	5	3	TZ
50.	kont-(K-DK-eu)	<i>F.lia val.</i>	H	6k	3	4	K
51.	círk-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5	2	4	K
52.	círk-(med)	<i>Chen.etea</i>	H (Ch)	5	4	0	GY
53.	adv	<i>Epil.lia?</i>	H	5	3	4	GY
54.	szmed-pont-(köz-eu)	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	K
55.	euá-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5	0	3	K
56.	euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th	5	4	4	GY
57.	D-euá	<i>F.-Brometea</i>	H	7	2	0	TZ
58.	círk	<i>F.-Brometea</i>	H	5	4	4	K
59.	med	<i>F.ion rup.</i>	Th	7	2	5	A
60.	euá-(med)	<i>Chen.etea</i>	Th	7	2	4	GY
61.	kozm	<i>Calys.ion</i>	H	5	9	4	K
62.	euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	1	5	K
63.	kozm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	6k	5	0	GY
64.	eu-(med)	<i>Chen.etea</i>	Th-TH	6a	3	0	GY
65.	D-euá	<i>Q.-Fagetea</i>	H	5a	4	0	K
66.	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	6	6	4	K
67.	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5a	2	4	TZ
68.	D-euá-(köz-eu)	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	5	GY
69.	dac-pann	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5	5	3	K
70.	euá-(D-eu)	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5a	6	0	TZ
71.	eu-(med)	<i>F.lia vag. & val.</i>	TH-H	5k	2	4	TZ
72.	DK-eu	<i>Mol.lia & Arrh.lia</i>	H	5a	6	0	Z
73.	pann end	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	KV
74.	pann-K-balk	<i>F.lia val.</i>	H	5	2	4	K
75.	D-euá-med	<i>F.lia val.</i>	H	5	2	5	V
76.	eu-(med)	<i>All.ion</i>	Th-TH	5	5	4	K
77.	euá-(med)	<i>All.ion</i>	H-N	5k	4	5	GY
78.	kozm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th		5		GY
79.	euá-(med)	<i>Arrh.lia & Mol.lia</i>	H	5a	4	0	K
80.	euá-(med)	<i>Calys.lia</i>	H	5	7	0	K
81.	euá-(med)	<i>Arrh.lia & Mol.lia</i>	H (Th)	7	5	4	GY
82.	euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH	6	5	4	GY
83.	szmed	<i>Brom.lia</i>	G	6	1	4	E

7b. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Életforma	T	W	R	TVK
84.	cirk-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	H				K
85.	euá	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	4	GY
86.	kozsm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	H-G	0	3	4	GY
87.	köz-eu-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	3	4	K
88.	euá	<i>Sec.etea</i>	TH-H	5k	1	0	GY
89.	D-euá-köz-eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H	5a	3	3	K
90.	kozsm	<i>Arrh.etea</i>	H	5a	6	4	TZ
91.	kozsm	<i>Arrh.etea</i>	Th-TH	5a	2	5	TZ
92.	eu-szmed	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH-H	5	3	4	GY
93.	euá-(med)	<i>Plant.etea</i>	TH	7	8	4	GY
94.	kozsm	<i>Q.-Fagetea</i>	H	4	5	0	K
95.	cirk	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	G	0	8	0	GY
96.	kozsm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	0	4	0	GY
97.	kont	<i>F.-Brometea</i>	H	7	2	4	TZ
98.	DK-eu-(pann-balk)	<i>Q.etea p. p.</i>	H	6	3	5	K
99.	köz-eu	<i>Q. p.c. chf</i>	H	5a	4	3	K
100.	euá	<i>F.lia val.</i>	H	6k	2	4	E
101.	eu-NY-á	<i>Q.-Fagetea</i>	H-G	5a	5	3	K
102.	cirk	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	H	5	5	3	K
103.	köz-eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H(Ch)	5a	6	4	K
104.	cirk-(med)	<i>Calys.lia</i>	Th	6	7	4	GY
105.	cirk-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5a	2	4	K
106.	euá	<i>Fag.lia</i>	G	5a	5	3	K
107.	köz-eu -(szarm)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	G	5a	4	3	K
108.	kozsm	<i>Q.-Fagetea</i>	Th-TH	5	6	3	K
109.	euá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p. p.</i>	H-(Ch)	5	7	0	K
110.	eu	<i>Q.etea p. p.</i>	H				K
111.	eu-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5a	1	3	K
112.	cirk	<i>Q.etea p.p.</i>	G-H	4k	4	3	K
113.	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	H	5a	3	0	TZ
114.	szmed-(köz-eu)	<i>Q.etea p.p.</i>	H	5a	3	4	K
115.	euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	7	2	0	GY
116.	eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H(Ch)	5a	6	4	TZ
117.	köz-eu-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	H	5a	4	3	K
118.	szmed-pont-(köz-eu)	<i>F.lia val.</i>	H	6a	1	5	K
119.	pont-pann-balk	<i>F.ion rup. & vag.</i>	H	6k	2	4	V
120.	D-euá-(med-K-afr)	<i>Arrh.etea</i>	H	5a	4	0	TZ
121.	D-köz-euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH	6	4	0	GY
122.	euá	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th-TH-H	5	6	4	GY
123.	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	Th-TH	5	6	4	GY
124.	köz-eu-med	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H-G	5a	4	4	K
125.	euá-(med)	<i>Glyc.-Spar.i-on?</i>	H(G)	5a	9	4	K
126.	euá	<i>Nanocyp.lia</i>	H	5a	8	5	TZ
127.	szmed-köz-eu	<i>F.-Brometea</i>	G	6a	2	0	TZ

7b. táblázatmelléklet folytatása

Szint	Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Életforma	T	W	R	TVK
128.	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5a	5	3	K
129.	euá-(med)	<i>F.lia val.</i>	Th	5k	2	0	TP
130.	euá-(med)	<i>Chen.etea</i>	H (Ch)				GY
131.	euá-(med)	<i>Mol.lia & Arrh.lia</i>	TH-H	5a	5	0	TZ
132.	euá-(med)	<i>Onop.lia</i>	TH				GY
133.	DK-eu		G		3		GY
134.	köz-eu	<i>Q.etea p.p.</i>	H	6k	3	4	K
135.	adv	<i>All.ion?</i>	H	5	4	0	G
136.	euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	TH-H	5a	2	4	GY
137.	euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	5	0	TZ
138.	cirk	<i>F.-Brometea</i>	H	5	3	4	E
139.	euá	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H	5	4	3	TZ
140.	kozm	<i>Arrh.etea</i>	H	5	6	0	K
141.	euá-(med)	<i>Q.etea p. p.</i>	G	5	3	4	K
142.	köz-eu	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
143.	euá-(med)	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5	7	0	TZ
144.	euá	<i>Sec.etea</i>	Th	7	3	4	GY
145.	euá	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
146.	köz-D-eu	<i>Fag.lia</i>	H	5a	7	4	K
147.	D-euá	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	Th- (H)	5	8	4	GY
148.	D-euá-med	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	TH-H	5a	3	0	GY
149.	kozm	<i>Plant.lia</i>	H	5a	5	0	TZ
150.	eu-(med)	<i>Fag.lia</i>	H	5	6	4	K
151.	K-DK-eu	<i>Cyn.-F.ion</i>	H	6k	2	4	K
152.	szmed-D-euá	<i>Chen.etea</i>	H	5a	5	3	GY
153.	eu-(med)	<i>Brom.lia</i>	H	5k	3	4	K
154.	euá-(med)	<i>Calys.lia</i>	H	5a	4	0	TZ
155.	euá-kont	<i>F.-Brometea</i>	H	6k	2	4	TZ
156.	euá-(med)	<i>Ag.ion a.</i>	H				TZ
157.	euá-(med)	<i>Arrh.etea</i>	H	5	3	5	K
158.	euá-med	<i>Q.etea p.p.</i>	H (Ch)	5	3	4	K
159.	kozm	<i>Sec.etea</i>	Th				GY
160.	adv	<i>Calys.lia</i>	H	0	8	4	K
161.	euá-(med)	<i>Pino-Q.lia</i>	H	4	4	3	K
162.	kozm	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	H	0	5	0	GY
163.	euá-(med)	<i>Fag.lia</i>	H	5a	6	3	K
164.	euá	<i>Alno-Padion</i>	H	5a	5	3	K
165.	adv	<i>Calys.lia</i>	Th	0	8	4	TZ
166.	eu	<i>Mol.lia</i>	H	5a	8	0	K
167.	euá-(med)	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	0	5	0	GY
168.	szmed-(köz-eu)	<i>F.-Brometea & Q.etea p.p.</i>	Ch	6a	2	4	K
169.	pont-pann	<i>F.-Brometea</i>	Ch	5	2	3	K
170.	köz-eu	<i>Sesl.-F.ion</i>	Ch	6	1	5	K

7b. táblázatmelléklet folytatása

Szint		Flóraelem	Cönoszisztematikai besorolás	Életforma	T	W	R	TVK
171.	Gyep	euá-(med)	<i>Q.-Fagetea</i>	Th-TH	5	3	0	TZ
172.		med		Th-TH				TZ
173.		kozsm	<i>Mol.-Juncetea & Arrh.etea</i>	H	5a	5	0	TZ
174.		euá-(med)	<i>Art.lia</i>	G(H)	5	5	4	TZ
175.		kozsm	<i>Calys.lia</i>	H	5	5	4	TZ(K)
176.		kozsm	<i>Chen.etea</i>	Th-H	6	4	4	GY
177.		euá-(med)	<i>Chen.etea & Sec.etea</i>	Th				GY
178.		euá-(med)	<i>Q.-Fagetea & Q.etea p.p.</i>	H-Ch	5a	4	4	TZ
179.		euá	<i>Ag.ion a.</i>	H	5	8	4	K
180.		euá-(med)	<i>F.lia val.</i>	Ch	6k	2	4	TZ
181.		euá-(med)	<i>F.-Brometea</i>	Th	5	3	4	GY
182.		eu-(med)	<i>Q. p.c. chf</i>	H	5k	4	3	K

Rövidítések az 1–7. sz. táblázatmellékekhez

FLÓRAELEMEEK

á	ázsiai
adv	adventív
afr	afrikai
atl	atlanti
balk	balkáni
cirk	cirkumpoláris
D	dél
dac	dacikus
eá	elő-ázsiai
end	endemikus
eu	európai
euá	eurázsiai
K	kelet
kauk	kaukázusi
kisá	kis-ázsiai
kont	kontinentális
koz	kozmosz
köz	közép-
med	mediterrán
NY	nyugat
pann	pannon
pont	pontusi
szarm	szarmata
szatl	szubatlanti
szmed	szubmediterrán

CÖNOSZISZTEMATIKAI BESOROLÁS

<i>Ac.-Q.ion</i>	<i>Aceri tatarico-Quercion</i>
<i>Ag.ion a.</i>	<i>Agrostion albae</i>
<i>All.ion</i>	<i>Alliarion petiolatae</i>
<i>Arrh.etea</i>	<i>Arrhenatheretea</i>
<i>Arrh.lia</i>	<i>Arrhenatheretalia</i>
<i>Brom.lia</i>	<i>Brometalia</i>
<i>Bromo st.-Rob.</i>	<i>Bromo sterili-Robinetum</i>
<i>Calys.ion</i>	<i>Calystegion sepium</i>
<i>Calys.lia</i>	<i>Calystegietalia</i>
<i>Carp.ion</i>	<i>Carpinion betuli</i>
<i>Chen.etea</i>	<i>Chenopodietea</i>
<i>Cyn.-F.ion</i>	<i>Cynodonto-Festucion</i>

<i>Epil.lia</i>	<i>Epilobietalia angustifolii</i>
<i>F.-Brometea</i>	<i>Festuco-Brometea</i>
<i>F.ion rup.</i>	<i>Festucion rupicolae</i>
<i>F.lia vag.</i>	<i>Festucetalia vaginatae</i>
<i>F.lia val.</i>	<i>Festucetalia valesiaceae</i>
<i>Fag.lia</i>	<i>Fagetalia</i>
<i>Fagion ill.</i>	<i>Fagion illyricum</i>
<i>Glyc.-Spar.i-on</i>	<i>Glycerio-Sparganion</i>
<i>Mol.-Juncetea</i>	<i>Molinio-Juncetea</i>
<i>Mol.lia</i>	<i>Molinieta</i>
<i>Nanocyp.lia</i>	<i>Nanocyperetalia</i>
<i>Onop.lia</i>	<i>Onopordetalia</i>
<i>Orno-Cot.lia</i>	<i>Orno-Cotinetalia</i>
<i>Pino-Q.lia</i>	<i>Pino-Quercetalia</i>
<i>Plant.etea</i>	<i>Plantaginetea</i>
<i>Plant.lia</i>	<i>Plantagineta</i>
<i>Prun.lia</i>	<i>Prunetalia</i>
<i>Prunion s.</i>	<i>Prunion spinosae</i>
<i>Q. p.c.</i>	<i>Quercetum petraeae-cerris</i>
<i>Q.etea p. p.</i>	<i>Quercetea pubescenti-petraeae</i>
<i>Q.-Fagetea</i>	<i>Querco-Fagetea</i>
<i>Q.lia pub.</i>	<i>Quercetalia pubescentis</i>
<i>Samb.lia</i>	<i>Sambucetalia</i>
<i>Sec.etea</i>	<i>Secalietea</i>
<i>Sesl.-F.ion</i>	<i>Seslerio-Festucion pallentis</i>

ÉLETFORMÁK

Ch	törpecserjék
E	fennlakók, fákon élő növények
G	hagymás, gumós, gyöktörzses növények
H	évelő lágyszárúak
HH	vízi és mocsári növények
M	cserjék
MM	fák
N	félcserjék
Th	egyéves növények
TH	kétéves növények

T-, W-, R-ÉRTÉKEK

T-érték – a hóháztartás számai

0	nem jellemző
1	tundra
2	erdős tundra

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 3 | tajga |
| 4 | tű- és lomblevelű elegyes erdő |
| 5 | lomberdő |
| 6 | szubmediterrán lomberdő |
| 7 | mediterrán, atlanti örökzöld erdő |

W-érték – a vízháztartás számai

- | | |
|----|--------------------|
| 0 | extrém száraz |
| 1 | igen száraz |
| 2 | száraz |
| 3 | mérsékelten száraz |
| 4 | mérsékelten üde |
| 5 | üde |
| 6 | mérsékelten nedves |
| 7 | nedves |
| 8 | mérsékelten vizes |
| 9 | vizes |
| 10 | igen vizes |
| 11 | vízi |

R-érték – a talajreakció számai

- | | |
|---|-----------------|
| 0 | nem jellemző |
| 1 | savanyú |
| 2 | gyengén savanyú |
| 3 | közel semleges |
| 4 | enyhén meszes |
| 5 | meszes, bázikus |

TERMÉSZETVÉDELMI ÉRTÉK KATEGÓRIÁK

- | | |
|----|-------------------------|
| A | adventív fajok |
| E | társulásalkotó fajok |
| G | gazdasági növények |
| GY | gyomfajok |
| K | kísérő fajok |
| KV | fokozottan védett fajok |
| TP | pionír fajok |
| TZ | zavarástűrő fajok |
| U | unikális fajok |
| V | védett fajok |

A 10 fejezetre tagolódó könyv részletes bevezetője (1. fejezete) a jégkorszak kialakulásának okait, körülményeit, jelentőségét és a kutatómódszereket mutatja be a löszképződés szempontjából.

Három fejezet (2–4.) összehasonlító módon elemzi és értékeli a löszök elterjedését, fizikai, kémiai és ásványos összetételét, litológiai tulajdonságait, a löszrétegek közé eltemetett őstalajok, homokrétegek és a szerves életmaradványok szerepét a löszös rétegsorok kronológiai tagolása szempontjából.

Az 5. fejezet a löszök és löszszerű képződmények osztályozásával és a lösz- ill. kvarc szemcsék keletkezését magyarázó főbb elméletekkel és azok kritikájával foglalkozik.

A lösz és a benne eltemetett őstalajok egymással való ciklikus váltakozása kétségtelenül a jégkorszaki klímaváltozásokat tükrözi vissza. A ciklusok számáról, időtartamáról, a paleoökológiai körülményekről különböző magyarázatok, eltérő elméletek születtek. Ezek kritikája és felhasználási lehetőségük elemzése, értékelése a könyv visszatérően sarkalatos témája (6–8. fejezet).

Két esettanulmány (9–10. fejezet) a Kínai-löszfennsík és a Középső-Duna-medence löszzeit, többek között a lösz és a negyedkor kronológiai tagolási lehetőségeit veszi számba a legújabb elemzések eredményei alapján. Fontos konklúzió, hogy a felső- és középsőpleisztocén jeges és jégmentes klímaváltozások egymásutánjára, időtartamára a legmegbízhatóbb információt a Milanković-féle időskála, ill. az azzal való összehasonlítás nyújthatja.

A könyvben foglalt sokoldalú ismeretek korszerű szintézisét az oktatók, a témakört kutató geográfusok, geoökológusok, pedológusok, a környezetváltozás rekonstrukcióját elemző szakemberek és az egyetemi hallgatók is jól hasznosíthatják.